

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**

**EFEITO DO USO DE DIFERENTES QUANTIDADES DE  
SUBSTRATOS ARTIFICIAIS NA ENGORDA DO CAMARÃO  
MARINHO *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), EM UM  
SISTEMA DE CULTIVO SEMI-INTENSIVO**

**José Antonio Santos Domingos**

**Florianópolis**

**2003**

Domingos, José Antonio Santos.

Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), em um sistema de cultivo semi-intensivo.

37 páginas.

Dissertação de Mestrado em Aqüicultura.  
Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

2003

Orientador: Luis Alejandro Vinatea Arana.

Palavras chaves: substratos artificiais; engorda;  
*Litopenaeus vannamei*.

À Adriana,  
fiel companheira

## AGRADECIMENTOS

Em especial ao professor e amigo Luis Vinatea Arana por suas excelentes aulas, por seu incansável esforço em ensinar-nos a buscar a sustentabilidade em uma aqüicultura responsável. Obrigado também pelas orientações, muitas além das questões acadêmicas.

Aos professores Edegar Andreatta e Elpidio Beltrame pela oportunidade de estágio e hospedagem no LCM e pela viabilização do experimento na Fazenda Yakult/UFSC.

Ao Roberto, Marlene, Frank, Walter e Geraldo por compartilharem sua experiência na produção de camarões marinhos.

A todos que me ajudaram na realização do experimento, em especial aos estagiários da COOPERSANTA, por colocarem a “mão na massa”.

Ao colegiado e colegas do Curso de Mestrado em Aqüicultura.

Ao Sr. Alberto J. P. Nunes pelas criteriosas sugestões nesta dissertação.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Srs. Geraldo Borba e Leonel Kramel da Agribrands do Brasil Ltda. pela doação da ração utilizada no experimento.

Ao Srs. Ivan Macedo da Bidim Indústria e Comércio Ltda e César Medeiros da TecnoGeo Engenharia e Comércio Ltda pelas informações técnicas e doação do material utilizado no experimento.

À Universidade Federal de Santa Catarina.

A meus familiares, mesmo distantes, sempre presentes...

Muito obrigado

**SUMÁRIO**

FICHA CATALOGRÁFICA.....	II
DEDICATÓRIA.....	III
AGRADECIMENTOS.....	IV
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VI
INTRODUÇÃO.....	1
MANUSCRITO	
Título, autores e contatos.....	4
Resumo.....	5
Introdução.....	6
Material e métodos.....	9
Resultados.....	16
Discussão.....	22
Referências bibliográficas.....	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
BIBLIOGRAFIA.....	37
NORMAS DE PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO ESCOLHIDO.....	VIII

## RESUMO

O uso de substratos artificiais é uma prática de manejo que tem o potencial de tornar mais eficientes os sistemas aquáticos de cultivo. O biofilme, ou perifiton, que se desenvolve sobre os substratos artificiais aumenta a produtividade fito e zoobêntica de viveiros em um espaço tridimensional, beneficiando diretamente organismos onívoros de hábitos bênticos, como camarões, e indiretamente por favorecer níveis mais adequados de qualidade de água ao longo do cultivo. O presente estudo avaliou o efeito do acréscimo de diferentes quantidades de substratos artificiais verticais de alta superfície (0, 15, 30 e 45% sobre a área de fundo) sobre o crescimento, a sobrevivência, a demanda por ração, a produtividade e a conversão alimentar de juvenis de *Litopenaeus vannamei* cultivado em cercados com 12,5 m<sup>2</sup> de área (n=12), instalados dentro de um viveiro de terra operado em condições semi-intensivas de cultivo. Os camarões foram alimentados com ração peletizada (35% PB) ofertada em bandejas de alimentação, três vezes ao dia, durante 6 semanas. Em relação ao grupo controle, não houve melhora em crescimento nem em conversão alimentar ( $P>0,05$ ) com a adição de substratos, no entanto, independente da quantidade de substratos acrescida, a sobrevivência, a produtividade e a demanda por ração foram cerca de 20% superiores ( $P<0,05$ ). Observou-se um padrão oscilatório e crescente na demanda por ração, provavelmente associada a picos de muda e a estresses ambientais. Mesmo com ampla quantidade de biofilme disponível a demanda por ração continuou essencial e proporcional a biomassa de camarões cultivada. Os resultados obtidos sugerem que o limiar do efeito de substratos artificiais testados sobre a produção de *L. vannamei* em sistemas semi-intensivos seja ainda menor que 15% da área de fundo.

Palavras chave: substratos artificiais, *Litopenaeus vannamei*, engorda.

**ABSTRACT**

The use of artificial substrates is a management practice that has the potential to enhance aquaculture systems. Biofilm, or periphyton, which develops on artificial substrates, improves phyto and zoobenthos productivity within ponds in a three-dimensional space. Benthic omnivorous organisms, including penaeid shrimp, can take advantage of biofilms for their own nourishment and from the maintenance of more adequate levels of water quality parameters. The present study evaluated the effects of increasing amounts of a high surface vertical substrate (0, 15, 30 and 45% of pond bottom area) over growth, survival, feed demand, productivity and feed conversion ratio of *Litopenaeus vannamei* reared in 12,5 m<sup>2</sup> pens (n=12) built into a semi-intensive earthen pond. Pelleted feed (35% crude protein) was offered 3 times a day in feeding trays over a 6 week rearing period. Shrimp growth and feed conversion ratio were not affected by the presence of substrates (P>0.05). However, regardless the amount of substrates, shrimp yield, survival and feed demand were about 20% greater than control (P<0.05). A variable and increasing pattern of feed demand was observed, probably associated to shrimp molting peaks and environmental stresses. Even with an abundant availability of biofilm, pelleted feed remained essential to reared animals and proportional to shrimp stocked biomass. Results suggest that the beneficial effect of artificial substrates on *L. vannamei* grow-out under semi-intensive systems can be achieved with a stocked vertical substrate area of less than 15% of the pond bottom.

Key words: artificial substrates, *Litopenaeus vannamei*, grow-out.

## INTRODUÇÃO

A carcinicultura tem sido criticada por diversas organizações e indivíduos como ambientalmente irresponsável pela destruição de habitats, poluição de água, introdução de espécies exóticas, coleta de juvenis do ambiente natural e uso excessivo de proteína marinha na formulação de rações. Apesar de algumas dessas afirmações terem mérito, outras não são sustentadas por dados científicos (Moss *et al.*, 2001). Na busca pela sustentabilidade, pesquisadores e produtores têm desenvolvido métodos ambientalmente responsáveis para o cultivo de camarões que garantem a viabilidade em longo prazo da indústria (Moss *et al.*, 2001).

Alguns métodos como a utilização de um sistema bifásico de produção da espécie *Litopenaeus vannamei*, a alocação de rações comerciais de razoável nível técnico em bandejas de alimentação, a preparação criteriosa do solo dos viveiros, a fertilização, o monitoramento e o controle de variáveis físico-químicas da água e o uso de aeração artificial são relacionados aos aumentos anuais da produtividade da carcinicultura marinha brasileira (Rocha e Maia 1998). Na virada do milênio o Brasil despontava como um dos líderes mundiais em produtividade de camarões marinhos cultivados (DPA, 2001), tornando-se 2002 o líder mundial com 5.450 Kg/ha/ano (Rocha, 2003).

Ainda assim, um volume crescente de publicações continua apresentando soluções aos entraves que carcinicultura enfrenta. Estudos recentes têm confirmado que as renovações de água de viveiros de engorda podem ser reduzidas ou mesmo eliminadas, que a sedimentação pode representar uma estratégia efetiva na remoção de material orgânico dos sistemas de cultivo e, que as comunidades microbianas podem ser manipuladas através da suplementação de nutrientes limitantes, da adição de culturas ou da expansão de habitats específicos (Browdy *et al.* 2001).

Segundo Clay (1997), uma ótima oportunidade de negócio para a aquicultura sustentável é aumentar a eficiência e a produtividade de viveiros já existentes. Como sugestão, o autor menciona a redução nas densidades de estocagem, o aumento da sobrevivência e do crescimento, o uso de alimento de modo eficiente, e o aumento na vida do viveiro.

Uma das formas de aumentar a vida em viveiros é disponibilizar superfície extra para a colonização microbiana. Azim *et al.* (2001) esclarecem que a idéia de “aquicultura baseada em substratos” originou-se de métodos pesqueiros tradicionais (África, Camboja, Bangladesh). Tais métodos baseiam-se na atração de cardumes para raízes do mangue, massas densas de galhos ou mesmo bambus colocados em rios, lagos e lagoas, os quais fornecem abrigo de predadores e locais apropriados para acasalamento, além de alimento abundante.

No sentido de fornecer subsídios para o desenvolvimento de melhores práticas de manejos à carcinicultura marinha, o presente estudo, avalia o efeito da adição de substratos artificiais sobre os índices produtivos de *L. vannamei* em um sistema de cultivo semi-intensivo.

# Manuscrito

**Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), em um sistema de cultivo semi-intensivo.**

José Antonio Santos Domingos \* e Luis Vinatea Arana<sup>1</sup>

Laboratório de Camarões Marinhos / Fazenda Experimental Yakult/UFSC  
Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis, SC, Brasil 88.040-900

\*Autor correspondente: Tel.: +55-48-9116-7225; Fax: +55-48-232-3013; e-mail:  
oc\_zeantonio@yahoo.com.br

<sup>1</sup> Tel./fax: +55-48-232-3013; e-mail: vinatea@mbox1.ufsc.br

## RESUMO

O uso de substratos artificiais é uma prática de manejo que tem o potencial de tornar mais eficientes os sistemas aquáticos de cultivo. O biofilme, ou perifiton, que se desenvolve sobre os substratos artificiais aumenta a produtividade fito e zoobêntica de viveiros em um espaço tridimensional, beneficiando diretamente organismos onívoros de hábitos bênticos, como camarões, e indiretamente por favorecer níveis mais adequados de qualidade de água ao longo do cultivo. O presente estudo avaliou o efeito do acréscimo de diferentes quantidades de substratos artificiais verticais de alta superfície (0, 15, 30 e 45% sobre a área de fundo) sobre o crescimento, a sobrevivência, a demanda por ração, a produtividade e a conversão alimentar de juvenis de *Litopenaeus vannamei* cultivado em cercados com 12,5 m<sup>2</sup> de área (n=12), instalados dentro de um viveiro de terra operado em condições semi-intensivas de cultivo. Os camarões foram alimentados com ração peletizada (35% PB) ofertada em bandejas de alimentação, três vezes ao dia, durante 6 semanas. Em relação ao grupo controle, não houve melhora em crescimento nem em conversão alimentar ( $P>0,05$ ), no entanto, independente da quantidade de substratos acrescida, a sobrevivência, a produtividade e a demanda por ração foram cerca de 20% superiores ( $P<0,05$ ). Observou-se um padrão oscilatório e crescente na demanda por ração, provavelmente associada a picos de muda e a estresses ambientais. Mesmo com ampla quantidade de biofilme disponível a demanda por ração continuou essencial e proporcional a biomassa de camarões cultivada. Os resultados obtidos sugerem que o limiar do efeito de substratos artificiais testados sobre a produção de *L. vannamei* em sistemas semi-intensivos seja ainda menor que 15% da área de fundo.

Palavras chave: substratos artificiais, *Litopenaeus vannamei*, engorda.

## 1. Introdução

O ciclo de vida de camarões peneídeos compreende sucessivas metamorfoses de estádios larvais planctônicos (náuplio, protozoé e misis) até a fase pós-larval. A partir deste último estágio, os camarões passam de uma condição de livre natante para uma condição bentônica (Dall *et al.*, 1990; Liu e Loneragan, 1997).

Devido à enorme variedade de itens alimentares que fazem parte de sua dieta, diversos autores classificaram os camarões peneídeos como onívoros oportunistas, detritívoros, carnívoros e predadores (Moss e Pruder, 1995). Sobre o fundo de estuários, assim como em viveiros de cultivo, pós-larvas e juvenis procuram e consomem grande parte do alimento, sendo este de origem vegetal, animal ou detrítica (Nunes *et al.* 1996). Presas preferenciais, como diatomáceas, foraminíferos, nemátodes, poliquetas, moluscos, misidáceos, anfípodes, etc. (Stoner e Zimmerman, 1988), também são epibênticos, ou seja, dependem de algum tipo de substrato para se fixar e desenvolver. Em viveiros, a área disponível para fixação destes limita-se ao fundo, onde a incidência da luz solar é baixa para dar suporte a uma cadeia trófica suficientemente complexa, a ponto de que seu fluxo de matéria e energia chegue de forma mais efetiva aos organismos cultivados. O enorme potencial que estes organismos têm em incrementar a comunidade microbiológica de um viveiro é, parcialmente, desperdiçado (Domingos e Vinatea, 2002).

Ainda assim, o alimento natural disponível em viveiros de cultivo semi-intensivos é ininterruptamente consumido em grandes quantidades pelos camarões, sendo este consumo estimulado ainda mais com a oferta de rações comerciais (Nunes *et al.*, 1996; Focken *et al.*, 1998). Nestes, o alimento natural representa entre

52 a 78% do conteúdo estomacal (em peso seco) do *Penaeus monodom* (Focken *et al.*, 1998), e em média 84,4% do *Farfantepenaeus subtilis* (Nunes *et al.*, 1997). Para esta última espécie, a biota é responsável por 75% em média do carbono utilizado para seu crescimento (Nunes *et al.*, 1997). DA mesma forma, para o *Litopenaeus vannamei* cultivado em condições semelhantes, a contribuição relativa da biota ao carbono incorporado ao crescimento está entre 53 a 77% (Anderson *et al.* 1987).

De acordo com Jory *et al.* (2001), o manejo de viveiros de cultivo de camarão deve estimular o crescimento planctônico, a produtividade microbiana e bentônica, assim como manter adequados os parâmetros de qualidade de água. O objetivo da preparação dos viveiros é fornecer a pós-larvas e juvenis um ambiente ótimo para seu desenvolvimento, livre de estresses e com abundante alimento natural. Entre diversos pesquisadores há o consenso de que a redução do estresse sobre os organismos cultivados é o mecanismo mais eficaz na prevenção de doenças (Clay 1997; Horowitz e Horowitz 1998; Boyd 1999; Fegan e Clifford 2001).

Abarzua e Jakubowshi (1995) descrevem com riqueza de detalhes os eventos físicos, químicos e biológicos sofridos por materiais submersos em água do mar os quais resultam na formação de uma complexa camada de organismos aderidos, o biofilme ou perifiton. Um incremento artificial da superfície, através do uso de substratos artificiais, possibilita o desenvolvimento dessas comunidades em viveiros e simula o ambiente natural encontrado por juvenis em sua fase de crescimento – as enseadas estuarinas rasas com pradarias de fanerógamas submersas e raízes do mangue (Primavera e Leбата, 1995).

Os benefícios que o biofilme traz aos sistemas de produção aquática incluem a otimização do fluxo de nutrientes e energia (Azim *et al.* 2001), com conseqüente

aumento da capacidade de carga do sistema. A utilização de substratos artificiais na aquicultura tem a capacidade de proporcionar: (1) aumento na disponibilidade de alimento natural (Thompson *et al.* 2002) e redução nas taxas de conversão alimentar (Tidwell *et al.* 1999; Bratvold e Browdy 2001); (2) reciclagem *in situ* de compostos tóxicos (amônia, fosfato) em produtos de baixa toxicidade (Bratvold e Browdy 2001; Thompson *et al.* 2002), com conseqüente minimização nas necessidades de trocas de água e redução de efluentes; (3) promoção do desenvolvimento da comunidade microbiana autóctone com ação probiótica sobre os organismos cultivados (Azad *et al.* 1997 apud Azim *et al.* 2001); (4) diminuição do risco de doenças através da exclusão competitiva de patógenos (Abreu *et al.* 1998); (5) melhoria dos índices zootécnicos - aumento da sobrevivência, crescimento e produtividade (Azim *et al.* 2001; Bratvold e Browdy, 2001; Tidwell *et al.* 2001); (6) desenvolvimento de novos produtos para aquicultura (ex: Aquamats<sup>®</sup>); (7) geração de novos postos de trabalhos, uma vez que a necessidade de confecção, instalação e manutenção requer substancial mão de obra (Domingos e Vinatea, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do acréscimo de 15%, 30% e 45% de superfície em relação à área de fundo de cercados em um viveiro de terra, através do uso de substratos artificiais, sobre a sobrevivência, o crescimento, a biomassa final, a demanda por ração e a taxa de conversão alimentar do *L. vannamei* cultivado sob condições semi-intensivas de engorda.

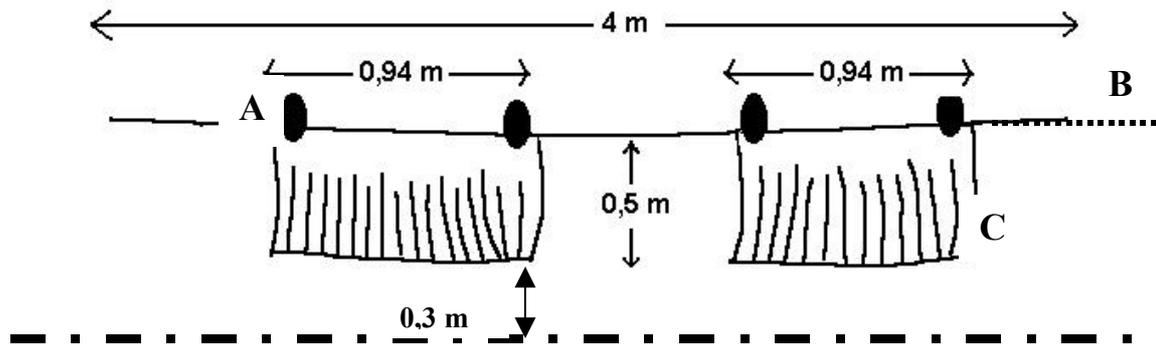
## 2. Material e métodos

### 2.1. Local de estudos e delineamento experimental

O presente trabalho foi realizado num viveiro de engorda de 12.000 m<sup>2</sup> com fundo areno-lodoso, da Fazenda Experimental Yakult/Universidade Federal de Santa Catarina, Barra do Sul, SC, localizado na região sul do Brasil. A preparação do viveiro consistiu na aplicação de calcário agrícola no viveiro seco (4 ton/ha), posterior abastecimento com água estuarina filtrada a 0,5 mm e fertilização única com 21 kg/ha de uréia e 7 kg/ha de superfosfato triplo.

A escolha do material utilizado como substrato artificial baseou-se nos seguintes critérios: (1) alta superfície específica, (2) resistência a água, (3) resistência a tração mecânica, (4) resistência aos raios U.V., (5) mais denso que a água, (6) baixo custo e (7) lavável, reutilizável e reciclável. O geotêxtil não-tecido de polietileno *Bidim*<sup>®</sup> *OP 60* (Bidim Indústria e Comércio Ltda., SP, Brasil) foi escolhido para os testes.

Os substratos foram manualmente confeccionados na forma de espinheis com faixas de cortinas verticais cortadas em franjas penduradas na linha mãe. Cada espinhel de substrato possuía 2 faixas de 0,94 m de comprimento por 0,5 m de altura, com um intervalo de 1 m entre as faixas, sendo sua parte inferior posicionada a 30 cm do fundo do viveiro (área total = 1,88 m<sup>2</sup> = 15% de superfície em relação à área do fundo do cercado). Na porção superior, bóias de isopor garantiam a flutuação do substrato, ao passo que em sua porção inferior as franjas foram unidas com linha de náilon presa a chumbadas para garantir a verticalidade da estrutura (Figura 1).

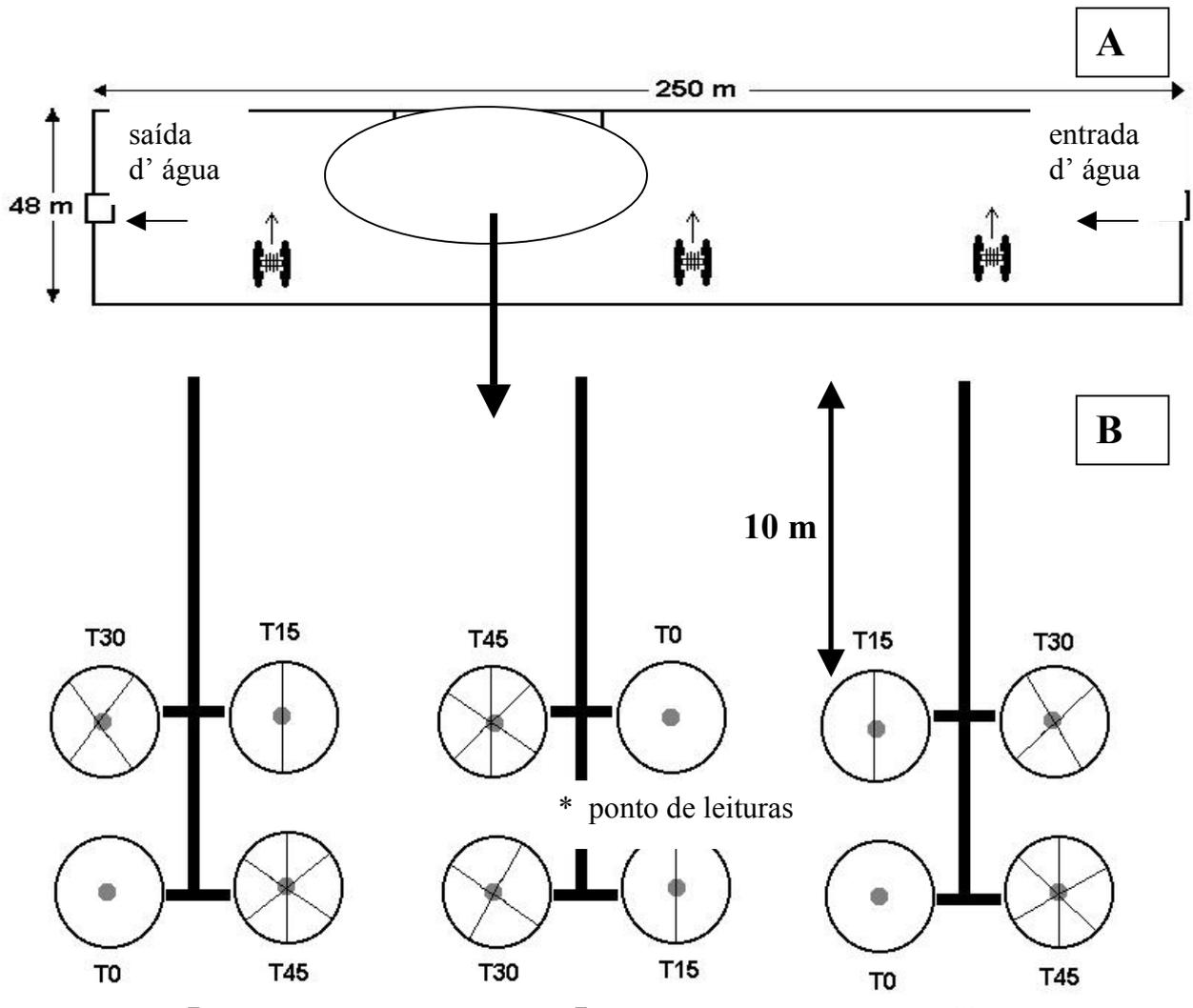


**Figura 1.** Representação de um espindel de superfície utilizado para incrementar em 15% a área de fundo das unidades experimentais. A. Flutuador; B. Linha d'água; C: manta geotêxtil *Bidim*<sup>®</sup> OP60.

Doze (12) cercados circulares de 4 m de diâmetro ( $12,5 \text{ m}^2$  de fundo) feitos com tela de polietileno com 2 m de altura (malha de 4 mm de abertura) foram construídos dentro do viveiro ainda seco e enterrados na sua base 20 cm no sedimento. Os cercados foram sustentados por bambus espaçados a cada 60 cm, instalados com distância mínima de 10 m do talude. Para facilitar o manejo experimental, foram construídos 3 trapiches de acesso aos cercados, cada um atendendo a 4 cercados (Figura 2). Os tratamentos experimentais consistiram em incrementos em área em relação à área de fundo do cercado, através do uso dos substratos e na ordem de 0% (T0: grupo controle – sem substrato), 15% (T15), 30% (T30) e 45% (T45). Para cada tratamento foram sorteados 3 cercados, sendo que os cercados T15 receberam 1 espindel posicionado diametralmente; os cercados T30 receberam 2 espindéis posicionados perpendicular e diametralmente, e os cercados T45 posicionados a um ângulo central de  $60^\circ$  e diametralmente. Os substratos foram instalados 3 semanas antes do povoamento para maturação (desenvolvimento do

biofilme). Neste estudo, não foi contabilizada a área acrescida pela tela dos cercados.

A partir do povoamento dos cercados, 3 aeradores de palhetas de 2 cv (5 hp/ha) foram utilizados no viveiro sede das 22:00 às 08:00.



**Figura 2. A.** Representação do viveiro sede: dimensões, posicionamento de comportas e aeradores, e localização dos cercados. **B.** Representação cercados e respectivos tratamentos, trapiches de acesso, posição dos espinheis com substratos, bandejas de alimentação (centro) e ponto de leitura dos parâmetros de qualidade de água. Esquemas apenas ilustrativos, fora de escala.

## 2.2. Povoamento

Os camarões utilizados no experimento foram produzidos no Laboratório de Camarões Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina. As pós-larvas (PL 20) foram transportadas em caixas térmicas (400 L; 250 PL/L) providas de aeração e oxigênio puro até a fazenda, onde foram aclimatadas às condições ambientais de um viveiro de terra em sistema de pré-engorda super intensivo (200 PL/m<sup>2</sup>). Após 30 dias, os juvenis (1,31±0,48 g, n=60) foram despescados à noite com rede saco, e transportados a seco em balaios, até o viveiro sede do experimento. Na Fazenda Experimental Yakult/UFSC, esta metodologia de transferência de juvenis tem sido realizada com sucesso. De fato, não foram observados camarões mortos no local do povoamento.

O viveiro sede do estudo foi povoado a uma densidade de 26 camarões/m<sup>2</sup>, e seus índices produtivos (sobrevivência, crescimento e conversão alimentar) foram comparados com os resultados das áreas cercadas. Cada cercado foi povoado com 375 camarões (30 indivíduos/m<sup>2</sup>) provenientes do viveiro sede duas semanas após seu povoamento. Os camarões foram capturados com rede de tarrafa, e aqueles em intermuda, manualmente selecionados (3,78±0,8g, n=60).

## 2.3 Biometrias

Para acompanhar o crescimento dos camarões, a cada 2 semanas 30 juvenis de cada unidade experimental eram capturados com o auxílio de rede de tarrafa (os substratos eram afastados para a periferia dos cercados) e individualmente pesados em balança analítica (0,01 g), e imediatamente repostos em seu cercado de origem. Ao término do experimento, o lote foi contado e pesado em conjunto para obtenção

da biomassa final e média. Para se obter o peso médio dos camarões cultivados no viveiro sede, 5 lotes de 100 camarões foram semanalmente pesados em conjunto no decorrer da engorda.

#### 2.4 Alimentação

A alimentação (ração peletizada para camarões *Camaronina 35*<sup>®</sup>, *AgribRANDS do Brasil Ltda*, Canoas, RS) do viveiro sede foi ofertada exclusivamente em bandejas de alimentação (30 bandejas/ha) às 04:00, 08:00, 14:00, 18:00, exceto aos domingos. Em cada unidade experimental a alimentação foi diariamente fornecida através de 1 bandeja de alimentação ( $\varnothing = 40$  cm), três vezes ao dia (14:00, 18:00 e 22:00) durante todo o período experimental. A alimentação foi controlada com o uso de anéis em um esquema adaptado de Rocha e Maia (1998) e Nunes (2000) e objetivou ofertar a ração de modo a sobrar a menor quantidade possível na bandeja no momento da próxima alimentação. Determinou-se também o desperdício de ração com o esquema alimentar adotado, recolhendo e congelando-se as sobras de ração para posterior secagem em estufa a 60°C e pesagem. Em paralelo, determinou-se que nas condições experimentais, somente o processo de imersão da ração por se lixivia 23,3% de matéria seca (n=6).

De acordo com Foes (2003, com. pes.), segundo o histórico de produção nas condições de cultivo da Fazenda Experimental Yakult/UFSC, o *L. vannamei*, a partir de 4g (valor próximo ao peso médio em que se iniciou o experimento) consome cerca de 80% do total da ração utilizada para atingir o tamanho comercial (10 – 13 g). Com o intuito de fornecer dados comparáveis a outros estudos de engorda, foi adotado um fator de correção de 0,8 na apresentação dos resultados de demanda

extrapolada de ração (1) e TCA (taxa de conversão alimentar) (2), de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{Demanda extrapolada de ração} = \text{Ração ofertada} / 0,8 \quad (1)$$

$$\text{TCA} = \text{Demanda extrapolada de ração} / \text{biomassa final} \quad (2)$$

### 2.5 Monitoramento das variáveis ambientais

Estando todas as unidades experimentais inseridas dentro do mesmo viveiro, as variáveis ambientais monitoradas no estudo (Tabela 1) foram lidas em um ponto central (Figura 2), servindo de referência a todos os tratamentos.

**Tabela 1.** Variáveis ambientais monitoradas durante o período experimental. P - profundidade de amostragem; S – 0,1 m abaixo da superfície da água; F – 0,1 m acima do sedimento.

Variável	P	Horário	Instrumento	Precisão
Temperatura	S / F	06:00 / 18:00	Termômetro YSI 55 <sup>®</sup>	0,01 °C
Oxigênio dissolvido	S / F	06:00 / 18:00	Oxímetro YSI 55 <sup>®</sup>	0,01 mg/L
Transparência		18:00	Disco de Secchi	0,01 m
pH	S	18:00	pHmetro Hanna <sup>®</sup>	0,01
Salinidade*	S	18:00	Refratômetro	1 ppt

\* leitura semanal.

## 2.6 *Despesca*

O estudo terminou 6 semanas após o povoamento dos cercados, quando o viveiro sede foi drenado e os camarões capturados na comporta de drenagem e pesados. Com o viveiro seco, os camarões aprisionados em cada cercado foram manualmente capturados.

## 2.7 *Colonização microbiana*

O biofilme aderido ao substrato, apesar de não ter sido monitorado de modo sistemático, foi raspado e observado ao microscópio óptico em três períodos distintos ao longo do experimento.

## 2.8 *Análise estatística*

Os dados referentes ao peso final, sobrevivência, biomassa final, demanda de ração, desperdício de ração, conversão alimentar foram submetidos a análise de variância (ANOVA,  $P < 0,05$ ). Quando detectadas diferenças significativas entre tratamentos, aplicou-se o teste *a posteriori* de Least Significant Difference ( $P < 0,05$ ).

### 3. Resultados

#### 3.1 Qualidade de água

As variáveis ambientais monitoradas durante o estudo são apresentadas na Tabela 2. A temperatura da água esteve bastante elevada durante todo o período  $28,5 \pm 1,5$  °C, mesmo na semana mais fria (quarta semana) a temperatura média foi  $26,9 \pm 1,4$  °C. O oxigênio dissolvido foi o parâmetro que apresentou a maior oscilação, tanto diária quanto semanal. Apesar de não ter atingido limites letais ( $< 1$  mg/L), por duas manhãs esteve menor que 2 mg/L e em 28% das manhãs esteve abaixo de 3 mg/L, ao passo que em 65% das tardes esteve supersaturado.

**Tabela 2.** Valores mínimos, máximos, média e o desvio padrão (DP) das variáveis de qualidade de água da superfície e do fundo do viveiro monitoradas durante o período experimental, às 06:00 (M) e às 18:00 (T).

Variável	Período	Mínimo	Máximo	Média ( $\pm$ DP)
Temperatura (°C)	M	24,6	29,7	$27,3 \pm 1,4$
Temperatura (°C)	T	26,1	31,9	$29,8 \pm 1,8$
O.D. (mg/L)	M	1,80	4,55	$3,40 \pm 0,7$
O.D. (mg/L)	T	3,31	14,52	$8,75 \pm 2,2$
pH	T	7,56	9,05	$8,46 \pm 0,3$
Transparência (cm)	T	21	40	$29 \pm 5,0$
Salinidade (‰)	T	23	25	$24 \pm 0,8$

#### 3.2 Produção

Os resultados de peso final, sobrevivência, biomassa final e conversão alimentar em cada tratamento são apresentados na Tabela 3. Não houve diferença estatística significativa entre o peso final dos camarões entre tratamentos (ANOVA,

**Tabela 3.** Valores médios e desvio padrão do peso final, sobrevivência, biomassa final e taxa conversão alimentar (TCA) de *L. vannamei* cultivado no viveiro sede (1,2 ha) e em cercados (12,5 m<sup>2</sup>) acrescidos de diferentes quantidades de substratos artificiais. Letras diferentes entre colunas indicam diferenças estatísticas significativas (LSD, P<0,05).

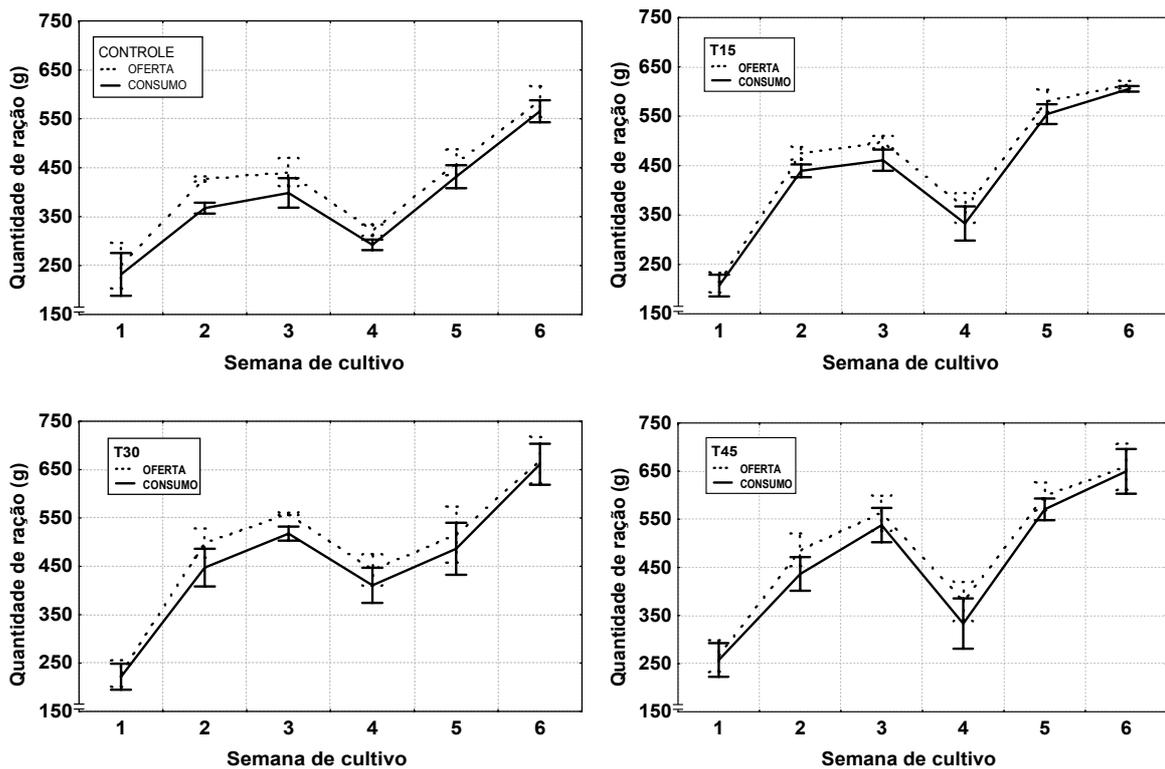
	Peso final (g)	Sobrev. (%)	Biomassa (g)	TCA	n
Viveiro sede	11,80	69,8	2570 x 10 <sup>3</sup>	1,09	1
Controle-0%	10,93 ± 0,6 <sup>a</sup>	71,1±10,1 <sup>a</sup>	2905,8 ± 335,6 <sup>a</sup>	1,07 ± 0,09 <sup>a</sup>	3
15%	10,21 ± 0,3 <sup>a</sup>	93,4 ± 2,9 <sup>b</sup>	3579,0 ± 164,1 <sup>b</sup>	0,96 ± 0,04 <sup>a</sup>	3
30%	10,26 ± 0,3 <sup>a</sup>	88,8 ± 1,9 <sup>b</sup>	3417,6 ± 171,4 <sup>ab</sup>	1,05 ± 0,04 <sup>a</sup>	3
45%	10,73 ± 0,8 <sup>a</sup>	89,0 ± 7,7 <sup>b</sup>	3594,5 ± 504,2 <sup>b</sup>	1,07 ± 0,06 <sup>a</sup>	3

P>0,05), sendo o crescimento bastante favorável (média geral = 1,14 ± 0,19 g/semana). No entanto, os tratamentos que incluíram substratos artificiais, independentes da quantidade acrescida, apresentaram sobrevivências significativamente superiores ao controle (LSD, P<0,05). Tais aumentos da sobrevivência refletiram-se na biomassa final, significativamente superiores ao controle nos tratamentos com substratos (LSD, P<0,05). A conversão alimentar não apresentou diferenças significativas entre tratamentos (ANOVA, P>0,05). Os resultados relativos à produtividade e à demanda de ração por tratamento são apresentados na Figura 3. Em relação ao grupo controle, a demanda por ração apresentou foi superior nos tratamentos T30 e T45 (LSD, P<0,05). A demanda por ração continuou proporcional à biomassa cultivada, independente da presença dos substratos artificiais.

**Figura 3.** Produtividade e demanda por ração extrapoladas de *L. vannamei* em cultivo semi-intensivo acrescidos com diferentes quantidades de substratos artificiais. Barras indicam erro padrão; letras diferentes, diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

### 3.3 O uso de bandejas de alimentação

A oferta de alimento exclusivamente em bandeja, juntamente com o sistema de W's e argolas demonstrou ser eficiente. A quantidade de ração recolhida das bandejas (desperdício) representou  $6,5 \pm 4,4\%$  ( $n=66$ ) do total ofertado. Não foram observadas diferenças estatísticas (ANOVA,  $P > 0,05$ ) no percentual de desperdício de ração entre tratamentos. A Figura 4 expressa a oferta e o consumo real de ração em cada tratamento e corrobora a eficácia do sistema de monitoramento no controle do desperdício de ração.



**Figura 4.** Quantidade de ração ofertada e consumida por *L. vannamei* em bandeja de alimentação monitorada com sistema de W's e argolas em cercados providos com diferentes quantidades de substratos artificiais.

### 3.4 Demanda de alimento

A demanda diária por alimento durante o experimento pode ser visualizada na Figura 5. No decorrer dos cultivos, observou-se um padrão oscilatório, sincronizado e crescente de consumo para todos os tratamentos. Observou-se também, a partir da segunda semana, um consumo inferior no grupo controle em relação aos demais tratamentos. Nos 42 dias de estudo por 7 vezes foi observado um padrão similar de consumo: há um aumento voraz de apetite por 2 dias e então há uma estabilização do consumo em um platô máximo por períodos de até 4 dias. Após períodos de intenso consumo, a demanda por ração diminui pela metade no intervalo de 1 a 3

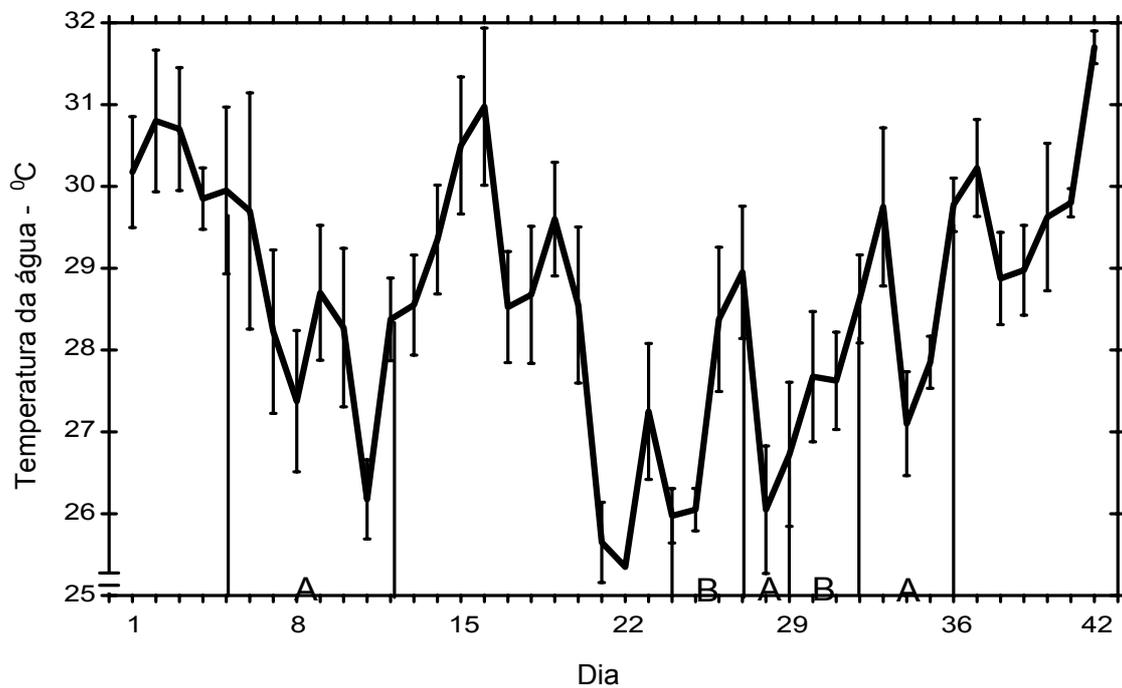
dias (média do período de diminuição de consumo = 51 horas), voltando os animais a demandarem por quantidades ligeiramente superiores ao último nível máximo.

Reduções abruptas na temperatura da água não foram imediatamente acompanhadas por diminuições no apetite, exceto na quarta semana, quando a água do viveiro esteve mais fria e houve diminuição do consumo (Figuras 4 e 6). Existem períodos de aumento na demanda com temperaturas em declínio (Figuras 5 e 6: letra A) e períodos de redução de consumo de até 3 dias com temperaturas subindo (Figuras 5 e 6: letra B). Mesmo variações na média diária de 2,4 a 3 °C (tanto positivas quanto negativas) não chegaram a afetar a demanda em períodos de máximo consumo, entretanto, em quatro ocasiões que isto ocorreu (dias 12, 17, 28 e 35), observou-se brusca redução na demanda a partir das 24 horas seguintes.

### 3.5 *Colonização microbiana*

A microtextura filamentosa do *Bidim*<sup>®</sup>, utilizado como substrato, parece contribuir na formação do biofilme e no acúmulo de material orgânico particulado (detrito). Sobre os microfilamentos de polietileno desenvolveram-se predominantemente algas cianofíceas filamentosas, diatomáceas penadas, protozoários e nematóides, juntamente com material amorfo de provável origem orgânica. Poliquetas e anfípodes, abundantemente encontrado sobre os substratos em ensaios prévios, não foram observados no decorrer do experimento.

**Figura 5.** Médias diárias da demanda por ração de *L. vannamei* em cultivo semi-intensivo acrescido com diferentes quantidades de substratos artificiais. Período A: aumento de consumo com diminuição de temperatura: período B: diminuição de consumo com aumento de temperatura.



**Figura 6.** Média e erro padrão da temperatura da água entre a superfície e fundo, às 06:00 e 18:00. Período A: diminuição de temperatura com aumento de consumo: período B: aumento de temperatura com diminuição de consumo.

#### 4. Discussão

A qualidade da água monitorada durante o período experimental esteve dentro do que é considerado adequado para a espécie (Clifford, 1994; Boyd, 1990). O oxigênio dissolvido, apesar de ter apresentado grandes oscilações, atingindo valores abaixo de 2 mg/L, parece não ter afetado os animais, pois em tais ocasiões não foram observados camarões nadando próximos à superfície. Apesar de juvenis de *L. vannamei* sobreviverem a exposição contínua de 1,17 mg/L de O<sub>2</sub> (Seidman e Lawrence, 1985), Boyd (1999) considera o baixo nível de oxigênio dissolvido o fator mais provável de estresse em viveiros de camarão. Le Moullac (2000) acrescenta que baixos níveis aumentam a suscetibilidade à doenças contagiosas. Atualmente, diversos carcinicultores asiáticos preferem trabalhar com níveis de oxigênio dissolvido superiores a 4 mg/L, quando comparado aos níveis de 3-3,5 mg/L antes da epidemia do vírus da mancha branca (Fegan e Clifford, 2001). Os desvios padrão das médias de O.D. e temperatura da água do viveiro no período da tarde foram maiores que no período da manhã, demonstrando a capacidade dos aeradores de palhetas em romper estratificações na coluna da água. Em base no que foi observado, é recomendado à Fazenda Yakult/UFSC que utilize potência de aeração e/ou renovação de água maiores que os empregados neste estudo, e ainda utilizar a aeração para homogeneizar a coluna d'água nos horários mais quentes do dia.

Thompson *et al.* (2002) descreve o processo de formação de biofilme sobre tanques de berçário do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, apontando pequenas bactérias heterotróficas como colonizadores primários, seguidos por bactérias heterotróficas filamentosas, protozoários flagelados e ciliados com posterior dominância de diatomáceas penadas e cianobactérias filamentosas,

apresentando certa similaridade com o biofilme presente sobre os substratos artificiais deste experimento. É provável que a disponibilidade de larvas de organismos desejáveis no plâncton do viveiro, como anfípodes e poliquetas, tenha grande influência sobre a colonização dos substratos. A turbulência causada pelas ondas em dias de ventos desprende placas de biofilme e detrito dos substratos. Ocasionalmente, alguns camarões eram vistos tanto sobre o substrato, quanto sobre a tela dos cercados, mais comumente no período noturno.

Apesar da própria tela dos cercados representar um substrato apropriado à colonização microbiana, o biofilme que se desenvolveu sobre a tela era muito tênue, não chegando a interferir na circulação d'água. Paquotte *et al.* (1998) consideram a contribuição alimentar do biofilme presente nas panagens de gaiolas flutuantes de cultivos intensivos de *L. vannamei* um fator chave para a alta capacidade produtiva desse sistema de cultivo, ainda que não utilizadas superfícies extras. Contudo, todas as 12 unidades experimentais eram idênticas e foram submetidas às mesmas condições de manejo, portanto a quantidade de substrato acrescido representou a única variável no experimento. Conforme os resultados obtidos, é provável que a contribuição deste biofilme como complemento nutricional aos camarões do cercado possa ser ignorada.

O uso de bandejas de alimentação, introduzida em cultivos de camarões marinhos como uma forma de monitoramento da quantidade diária de ração a ser espalhada a lanço, e posteriormente utilizada em muitos empreendimentos como modo exclusivo de oferta (Viacava, 1995; Rocha e Maia, 1998), vem a ser uma das maneiras mais eficazes de determinar, com relativa precisão, a demanda diária de ração pelos camarões. A partir da segunda semana pôde ser observado um

consumo de ração inferior no grupo controle em relação aos tratamentos com substratos. É provável esta redução na demanda esteja associada à mortalidade ocorrida neste tratamento. As bandejas de alimentação, associadas ao uso de marcadores, como o sistema de W's empregados neste estudo, possibilitam a obtenção de taxas de conversão alimentar da ordem de 1:1, maximizando a disponibilidade de alimento natural.

Nunes (2000) relata que a muda dos animais em cultivo pode ser induzida por mudanças bruscas de temperatura ou por fluxos elevados de água. No manejo de viveiros de camarões marinhos, Clifford (1994) relata adotar fortes renovações com o intuito de promover a muda e reduzir a incidência de manchas negras (melanoses) sobre o exoesqueleto dos camarões. O padrão alimentar observado no presente trabalho, provavelmente associado a picos de muda na população, por sua vez possivelmente relacionados a estresses ambientais, demonstra a imprevisibilidade do apetite dos peneídeos. Sugere-se, portanto, que a alimentação de camarões, em sistema semi-intensivo, não deveria ser norteadada apenas por tabelas de alimentação e que a utilização de outras técnicas de arraçoamento que não o monitoramento periódico das bandejas pode trazer tanto prejuízo econômico quanto ambiental.

Chamberlain *et al.* (2001), discutindo as vantagens de sistemas aerados de reciclagem microbiana aplicados à produção de camarões, concluem que flocos bacterianos detritícos suspensos, apesar de importantes suplementos nutricionais e promotores de crescimento, não são ideais como única fonte alimentar, por limitar o crescimento quando não é oferecida uma dieta completa. Sem adição de ração, Thompson *et al.* (2002) obtiveram crescimento nulo, porém, 98% de sobrevivência mantendo juvenis de *F. paulensis* por 28 dias em tanques pré-colonizados com

biofilme. Os autores acreditam que apesar do baixo teor protéico do biofilme (6% em peso úmido), os ácidos graxos poliinsaturados, esteróis, aminoácidos, vitaminas e carotenóides contidos em bactérias, microalgas e protozoários dos biofilmes (Stoecker e Capuzzo, 1990) podem fornecer elementos essenciais aos camarões. Moss *et al.* (1992) encontraram que o crescimento de *L. vannamei* é 89% superior quando cultivado em água de viveiros em relação à água límpida de poço. Em sistema semi-intensivo, a frequência de ocorrência de microalgas bentônicas no estômago de *L. vannamei* é de 100% (Gautier *et al.*, 2001). Em teoria, a disponibilidade de alimento natural sobre os substratos favoreceria uma menor demanda de ração e conversão alimentar (Bratvold e Browdy, 2001). Entretanto, a ausência de diferenças estatísticas na taxa de conversão alimentar e peso médio final entre tratamentos ( $P > 0,05$ ) sugere que a flora e fauna bêntica disponível nos substratos não foi capaz de atender à demanda protéica e/ou energética dos juvenis de *L. vannamei* (> 4g) na densidade de cultivo empregada. No presente estudo, o consumo de ração manteve-se proporcional à biomassa cultivada, independente da ausência ou quantidade de substratos.

A sobrevivência média do tratamento controle (T0) está de acordo com resultados obtidos por diversos autores na engorda de *L. vannamei* (Sandifer *et al.*, 1987, 1991; Wyban *et al.*, 1987; Clifford, 1994; Viacava, 1995; Rocha e Maia, 1998; Paquotte *et al.*, 1998; Torigoi, 2001; Schawab *et al.*, 2002), e curiosamente similar a sobrevivência do viveiro sede. O peso médio final, contudo, foi aproximadamente 1 g maior fora dos cercados, talvez o maior crescimento esteja associado a menor densidade final (18 ind./m<sup>2</sup>) fora dos cercados em relação aos cercados (25,6 ± 3,6 ind./m<sup>2</sup>, n=12) ao final do cultivo.

Tidwell *et al.* (2000), cultivando o camarão de água doce *Macrobrachium rosebergii*, obtiveram aumentos em produtividade diretamente proporcionais ao incremento em superfície com substratos artificiais. A empresa Meridian Aquatic Technology, LLC, USA, fabricante do substrato Aquamats<sup>®</sup>, divulgam que seu produto incrementa a produtividade na engorda de camarões por aumentar a sobrevivência entre 15 a 30%. Em um estudo de caso, Curiel (com. pes., 2001) previu que o uso de Aquamats<sup>®</sup> na Fazenda Experimental Yakult/UFSC, possibilitaria um aumento na densidade de estocagem em 20% (30 para 36 cam./m<sup>2</sup>), um aumento de sobrevivência em 10% (70 para 77%), incrementando desta forma a produtividade em 32% sem melhora em crescimento (ou redução do tempo de cultivo) e diminuindo a necessidade de renovação de água entre 60 e 100%. A presença dos substratos artificiais, independentemente da quantidade acrescida, possibilitou o aumento médio da sobrevivência e da produtividade de 21,5% e 27,1% em relação ao grupo controle. De fato, Bratvold e Browdy (2001) comprovaram o efeito do uso de Aquamats<sup>®</sup> em um sistema de cultivo super-intensivo de *L. vannamei* (130/m<sup>2</sup>), obtendo resultados significativamente superiores em sobrevivência e peso final e inferiores para conversão alimentar, ao mesmo tempo que houve menor acúmulo de ortofosfato, amônia e nitrito quando comparado com os tratamentos sem Aquamats<sup>®</sup>. Similarmente, Boyd e Clay (2002) reportam que a carcinicultura superintensiva Belize Aquaculture Ltda. conseguiu otimizar a média de sobrevivência através de melhores práticas de manejo, de 65 para 78%; no entanto, quando estas práticas foram associadas ao uso de Aquamats<sup>®</sup>, a sobrevivência média da fazenda passou a ser de 91% e a conversão alimentar melhorou de 2:1 para 1,35:1.

Em sistemas de cultivo onde toda a ração é ofertada em bandejas, é provável que esta nova tecnologia propicie, além de maior produtividade, um maior uso de ração em viveiros acrescidos de substratos artificiais. Os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que o limiar do efeito de substratos artificiais feitos com *Bidim*<sup>®</sup> sobre a produção de *L. vannamei* seja ainda menor que 15% da área de fundo.

Nunes (2000) recomenda que a estratégias como a montagem de telas nos viveiros para fixação de organismos é um método simples que traz bons resultados, indicando o uso de sacos velhos de ração (ráfia), abertos em toda sua extensão e posicionados de modo a não comprometer a circulação de água. No entanto, é provável que a utilização materiais distintos do utilizado no experimento não necessariamente resultem em resultados zootécnicos similares, considerando que cada material possui superfície específica diferente. Keshavanath *et al.* (2001) concluíram que o tipo de substrato artificial tem grande efeito sobre a composição e produtividade do biofilme e sobre a produtividade de peixes herbívoros de água doce cultivados em viveiros de terra. É provável também que resultados zootécnicos diferentes dos obtidos no presente trabalho possam vir a ocorrerem entre fazendas sob condições diferenciadas de manejo, de qualidade da água e solo assim como da disponibilidade de colonizadores primários e secundários trazidos pela água de captação. É provável também que a adoção de substratos artificiais em escala comercial atinja um impacto tão significativo sobre a produtividade da carcinicultura quanto o uso de aeração artificial ou uso de bandejas de alimentação.

## 5. Referências bibliográficas

- Abarzua, S., Jakubowshi, 1995. Biotechnological investigation for the prevention of biofouling. I. Biological and biochemical principles for the prevention of biofouling. Mar. Ecol. Prog. Series 123, 301-312.
- Abreu, P.C., Thompson, F.L., Wasielesky, W.Jr., Cavalli, R.O., 1998. New perspectives in the use of microorganisms in shrimp culture: food source, water quality and diseases control. Anais do I Congresso Sul-Americano de Aqüicultura, 2: 703-712.
- Anderson, R.K., Parker, P.L., Lawrence, A., 1987. A  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond growout system. J. World Aquacult. Soc. 18, 148-155.
- Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Wahab, M.A., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., 2001. Periphyton boosts production in pond aquaculture systems. World Aquaculture 32, 57-61.
- Boyd, C.E., 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Co., Alabama, 482 pp.
- Boyd, C.E., 1999. Suggestions of pond management practices for combating white spot virus. In: Proceedings of the V Ecuadorian Aquaculture Congress. CENAIM/ESPOL, Guayaquil, Ecuador.
- Boyd, C.E., Clay, J.W., 2002. 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. 17pp.

- Bratvold, D., Browdy, C.L., 2001. Effects of sand sediment and vertical surfaces (Aquamats™) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture* 195, 81-84.
- Chamberlain, G., Avnimelech, Y., McIntosh, R.P., Velasco, M., 2001. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N. II: composition and nutritional value of organic detritus. *The Global Aquaculture Advocate*, 11: 22-24.
- Clay, J.W., 1997. Towards sustainable shrimp aquaculture. *World Aquaculture*, 28: 32-37
- Clifford III, H.C., 1994. Semi-intensive sensation. A case study in marine shrimp pond management. *World Aquaculture*, 25: 6-12, 98-104.
- Dall, W., Hill, B.J., Rothlisberg, P.C., Staples, D.J., 1990. The Biology of Penaeidae. In: Blaxter, J.H.S. and Southward, A.J. (Eds), *Advances in Marine Biology*. Academic Press, London, 27: 489p.
- Domingos, J.A.S., Vinatea, L., 2002. Perspectivas do uso de substratos artificiais. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*. In: Urbinati, E.C. e Cyrino, J.E.P. (Eds). Associação Brasileira de Aqüicultura, 24 a 29 de julho de 2002, Goiânia, Brasil. p. 36.
- Fegan, D.F. & Clifford III, H.C., 2001. Health management for viral diseases in shrimp farms. In: Browdy, C. L. and Jory, D. E. (Eds), *Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001*, Baton Rouge, LA. World Aquaculture Society, pp. 168-198.
- Focken, U., Groth, A. Coloso, M.C., Becker, K., 1998. Contribution of natural food and supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi-intensive pond system in the Philippines. *Aquaculture* 164, 105-116.

- Gautier, D., Bsatidas, M., Aragón, L., Urango, W., Ramos, C., García, S. Pastrana, J., Newmark, F., 2001. The relative importance of natural food and pelleted feed in the gut content of *Litopenaeus vannamei* raised in semi-intensive ponds – role of benthic diatoms. In: Browdy, C. L. and Jory, D. E. (Eds), Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001, Baton Rouge, LA. World Aquaculture Society, pp.340-341.
- Horowitz, A., Horowitz, S., 1998. Sustainable shrimp aquaculture: a microbiological perspective. Np. In: Jory, D.E. (Ed.) Proceedings, First Latin American Shrimp Culture Congress & Exhibition. Grupo de Ferias, Congressos y Eventos, October 6-10, 1998. Panama City, Panama.
- Jory, D.E., Cabrera, T.R., Dugger, D.M., Fegan, D., Lee, P.G., Lawrence, A.L., Jackson, C.J., McIntosh, R.P., Castañeda, J., 2001. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In: Browdy, C. L. and Jory, D. E. (Eds), Proceedings of the Special Session on Sustainable on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001, Baton Rouge, LA. World Aquaculture Society, pp. 104-152.
- Keshavanath, P. Gangadhar, B., Ramesh, T.J., van Rooij, J.M. Beveridge, M.C.M., Baird, D. J., Verdegem, M.C.J., nam Dam, A.A., 2001. Use of artificial substrates to enhance production of freshwater herbivorous fish in pond culture. *Aquacult. Res.* 32, 189.
- Le Moullac, G., 2000. Environmental factors affect immune response and resistance in crustaceans. *The Advocate*, 8: 18-19.
- Liu, H., Loneragan, N.R. 1997. Size and time of day response of postlarvae and early juvenile grooved tiger prawn *Penaeus simisulcatus* De Haan (Decapoda: Penaeidae) to natural and artificial seagrass in the laboratory. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 211, 263-277.

- Moss, S.M., Pruder, G.D., 1995. Characterization of organic particles associated with rapid growth in juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei* Boone, reared under intensive culture conditions. J. of Exp. Mar. Biol. Ecol. 187: 175-191.
- Moss, S. M., Pruder, K.M., Leber, K.M., Wyban J.A. 1992. The relative enhancement of *Penaeus vannamei* growth by selected fractions of shrimp pond water. Aquaculture 101, 229-239.
- Nunes, A.J.P., 2000. Manual Purina de Alimentação de Camarões Marinhos. Agribbrands do Brasil Ltda. São Paulo, Brasil. 40pp.
- Nunes, A.J.P., Gesteira, T.C.V., Goddard, S., 1997. Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. Aquaculture 149, 121-136.
- Nunes, A.J.P., Goddard, S., Gesteira, T.C.V. 1996. Feeding activity patterns of the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. Aquaculture 144, 371-386.
- Primavera, J.H., Leбата, J., 1995. Diel activity patterns in *Metapenaeus* and *Penaeus* juveniles. Hidrobiologia 295, 295-302.
- Paquotte, P., Chim, L., Martin, J.-L.M., Lemos, E., Stern, M., Tosta, G., 1998. Intensive culture of shrimp *Penaeus vannamei* in floating cages: zootechnical, economic and environmental aspects. Aquaculture 164, 151-166.
- Rocha, I.P., Maia, E.P., 1998. Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura marinha brasileira. Anais do I Congresso Sul-Americano de Aqüicultura, Recife, Brasil. 1: 213-235.
- Sandifer, P.A., Hopkins, J.S., Stokes, A.D., 1987. Intensive culture potential of *Penaeus vannamei*. J. World Aquacult. Soc. 18, 94-100.

- Sandifer, P.A., Stokes, A.D., Hopkins, J.S., 1991. Further intensification of pond shrimp culture in South Carolina. In: Sandifer, P. (Ed.), Shrimp Culture in North America and the Caribbean. Advances in World Aquaculture. Baton Rouge, LA. World Aquaculture Society, 4: 84-95.
- Schwab, B., M. Weber, Lehmann, B., 2002. Key management challenges for the development and growth of a shrimp farm in Northeast Brazil: a case study of Camanor Produtos Marinhos Ltda. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, 33p.
- Seidman, S., Lawrence, A.L., 1985. Growth, feed digestibility, and approximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels. J. World Mar. Soc., 16: 333-346.
- Stoecker. D.K., Capuzzo, J.M., 1990. Predation on protozoa: its importance to zooplankton. J. Plankton Res., 12: 891:908.
- Stoner, A.W., Zimmerman, R.J., 1988. Food pathways associated with penaeid shrimps in a mangrove-fringed estuary. Fish. Bull. 86, 543-551.
- Tidwell, J.H., Coyle, S.D., Arnum, A.V., Weibel, C., 2000. Production response of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* to increasing amounts of artificial substrate. J. World Aquacult. Soc. 31, 452-457.
- Tidwell, J.H., Coyle, S.D., Arnum, A.V., Weibel, C., D'Abramo, L., 2001. Use of artificial substrates to maximize production of freshwater prawns in temperate climates. World Aquaculture, : 40-60.

- Tidwell, J.H., Coyle, S.D., Weibel, C., Evans, J. 1999. Effects and interactions of stocking density and added substrate on production and population structure of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*. J.of the World Aquacult. Soc. 30: 174-179.
- Thompson, F.L., Abreu, P.C., Wasielesky, W., 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. Aquaculture 203, 263-278.
- Torigoi, R. H., 2001. Avaliação do efeito de três densidades de estocagem de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) sobre os índices de produção e qualidade do efluente. Dissertação de Mestrado em Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 80pp.
- Viacava, M., 1995. Feeder trays for commercial shrimp farming in Peru. World Aquaculture 26, 11-17.
- Wyban, J. A., Lee, C. S., Sato, V.T., Sweeney, J.N., Richards-Jr, W.K. 1987. Effect of stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. Aquaculture 61, 23-32.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como mencionado anteriormente, a idéia da “aquicultura baseada em substratos” não é nova, originando-se de métodos pesqueiros tradicionais. No entanto, o inventor Roderick J. McNeil e a empresa norte-americana Marine Environmental Solutions, L.L.C. detém a patente da invenção (número US6244218), registrada inclusive no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), de uma “estrutura aquática sintética” (substrato artificial), feita com materiais sintéticos de alta superfície, cuja finalidade visa a melhoria do ambiente aquático para a aquicultura, criação de habitats e biofiltração. A empresa Meridian Aquatic Technology, L.L.C. (E.U.A.), fabricante dos produtos Aquamats<sup>®</sup>, dispõe de uma infinidade de modelos de substratos artificiais para os mais diversos usos, como larvicultura, berçário e engorda de peixes e camarões, além de modelos para tratamento de efluentes domésticos e industriais ([www.aquamats.com](http://www.aquamats.com)). Curiosamente, o processo de fabricação do Aquamats<sup>®</sup> (prensagem das microfibras por agulhamento) é o mesmo processo de fabricação do *Bidim*<sup>®</sup>. O produto final deste processo é uma manta sintética (poliéster ou polietileno), também conhecida como “não-tecido”, cuja superfície específica possui entre 20 a 75 m<sup>2</sup> por m<sup>2</sup>.

Contudo, o preço do substrato comercial importado é limitante para utilização pelas fazendas de cultivo de camarão brasileiras (aproximadamente U\$20 por m<sup>2</sup>). Entretanto, na construção de uma estrutura similar utilizando *Bidim*<sup>®</sup> gasta-se em torno de U\$1,50 por m<sup>2</sup>. Para a densidade de cultivo empregada e o peso médio despedido neste experimento, o uso do *Bidim*<sup>®</sup> possibilitou um aumento em

produtividade da ordem de 500 Kg/ha/ciclo. Nestas condições, a confecção, instalação e manutenção de tais estruturas parece ser economicamente viável, podendo pagar-se ainda no primeiro ciclo de uso. Na confecção dos substratos recomenda-se a altura mínima de 70 cm, caso contrário, é possível que bolhas de oxigênio, formadas por microalgas bênticas, fiquem presas às microfibras do *Bidim*<sup>®</sup> e façam a estrutura flutuar. É provável que a manta *Bidim*<sup>®</sup> OP 40, menos espessa (e mais barata) que a utilizada neste experimento, seja a qualidade mais apropriada para utilização como substratos artificiais.

Por incrementar a capacidade suporte do meio, a colocação de substratos artificiais é uma técnica promissora em para uso em sistemas mais intensivos, em viveiros destinados a formação de plantéis de reprodutores, em sistemas de pré-engorda intensiva de juvenis como também em canais de recirculação ou tanques de estabilização de efluentes. Em qualquer aplicação, todos os aspectos chaves para a manutenção de um ambiente de cultivo saudável não podem ser negligenciados, sendo seu potencial efeito benéfico tão forte quanto o elo mais fraco da cadeia produtiva. A adoção desta tecnologia em fazendas de cultivo de camarão tem ainda o potencial em de tornar a carcinicultura marinha convencional mais sustentável dentro das recomendações propostas por Vinatea (1999). No tocante ao aspecto social, é uma tecnologia intensiva em mão-de-obra e tem o potencial de aumentar o número de trabalhadores por hectare em fazendas de camarão marinho, atualmente em torno de 3 por ha (Barbieri, 1997; DPA 2001). Do ponto de vista econômico, tem o potencial em aumentar ainda mais a produtividade da carcinicultura brasileira, pelo melhor aproveitamento dos insumos, como pós-larvas, conforme constatado no

presente trabalho, gerando mais divisas para o país. E finalmente, pela ótica ambiental, esta tecnologia colabora para canalizar a energia solar aos organismos cultivados, ao mesmo tempo em que suporta uma comunidade capaz de biotransformar os compostos tóxicos produzidos nos viveiros.

## BIBLIOGRAFIA

AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J.; WAHAB, M.A.; VAN DAM, A.A. & BEVERIDGE, M.C.M. Periphyton boosts production in pond aquaculture systems. World Aquaculture, 32 (4) 57-61, 2001.

BARBIERI, R. Desmistificando a carcinicultura marinha brasileira. Jornal da ABCC, v. 5, p. 8-9, 1997.

CLAY, J.W. Toward sustainable shrimp aquaculture. World Aquaculture, v.28, p. 32-37

DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA (DPA). Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado: seguimento de mercado. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Pesca e Aquicultura. – Brasília: MAPA/SARC/DPA, CNPq, ABCC, 276 p., 2001.

MOSS, S.M.; ARCE, S.M.; ARGUE, B.J. OTOSHI, C.A.; CALDERON, F.R.O. & TACON, A.G.J. Greening of the blue revolution: efforts toward environmentally responsible shrimp culture. In: Browdy, C. L. and Jory, D. E. (Eds), Proceedings of the special session on sustainable special session on sustainable shrimp culture, Aquaculture 2001, Baton Rouge, LA. World Aquaculture Society, 1-19, 2001.

ROCHA, I.P.2003.

ROCHA, I.P. & MAIA, E.P. Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura marinha brasileira. In: Anais do I Congresso Sul-Americano de Aquicultura. Recife, Brasil. v. 1, 213-235, 1998.

BROWDY, C.L.; BRATVOLD, D.; STOKES, A.D. & MCINTOSH, R.P. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: Browdy, C. L. and Jory, D. E. (Eds), Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001, Baton Rouge, LA. World Aquaculture Society, 20-34, 2001.

VINATEA, L.A. Aqüicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999. 310p.

## NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO ESCOLHIDO

Aquaculture

Guide for Authors

### Types of contribution

1. Original Research Papers (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Short Communications
4. Technical Papers
5. Letters to the Editor
6. Book Reviews

*Original Research Papers* should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

*Review Articles* can cover either narrow disciplinary subjects or broad issues requiring interdisciplinary discussion. They should provide objective critical evaluation of a defined subject. Reviews should not consist solely of a summary of published data. Evaluation of the quality of existing data, the status of knowledge, and the research required to advance knowledge of the subject are essential.

*Short Communications* are used to communicate results which represent a major breakthrough or startling new discovery and which should therefore be published quickly. They should *not* be used for preliminary results. Papers must contain sufficient data to establish that the research has achieved reliable and significant results.

*Technical Papers* should present new methods and procedures for either research methodology or culture-related techniques.

The *Letters to the Editor* section is intended to provide a forum for discussion of aquacultural science emanating from material published in the journal.

*Book Reviews* will be solicited by the Book Review Editor. Unsolicited reviews will not usually be accepted, but suggestions for appropriate books for review may be sent to the Book Review Editor: Mrs. A.A.C. de Groot, Brederoodseweg 49, 2082 BS Santpoort-Zuid, The Netherlands.

### Submission of manuscripts

Submission of an article is understood to imply that the article is original and unpublished and is not being considered for publication elsewhere. Submission also implies that all authors have approved the paper for release and are in agreement with its content. Upon acceptance of an article by the journal, the author(s) will be asked to transfer the copyright of the article to the publisher. This transfer will ensure the widest possible dissemination of information.

Papers for consideration should be submitted in triplicate directly to the appropriate Section Editor as follows:

#### Nutrition:

R. P. Wilson, Mississippi State University, Department of Biochemistry and Molecular Biology, Box 9650, Mississippi State, MS 39762, USA. Tel.: +1 601 325 2640. Fax: +1 601 325 8644. E-mail: rpwl@Ra.MsState.Edu

#### Husbandry and Management:

B.Costa-Pierce, Rhode Island Sea Grant College Program, Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, 129 Coastal Institute, Narragansett, RI 02882-1197, USA. E-mail: aquaculture@gso.uri.edu

#### Physiology and Endocrinology:

E.M. Donaldson, West Vancouver Laboratory, Department of Fisheries and Oceans, 4160 Marine Drive, West Vancouver, B.C. V7W 1N6, Canada. Tel: +1 604 666 7928. Fax: +1 604 666 3497. E-mail: donaldso@direct.ca

**Diseases:**

D.J. Alderman, CEFAS, Weymouth Laboratory, The Nothe, Weymouth, Dorset DT4 8UB, UK. Tel.: +44 1305 206 600. Fax: +44 1305 206 601. E-mail: d.j.alderman@cefas.co.uk

**Genetics:** G. Hulata, Agricultural Research Organization, Volcani Center, Department of Aquaculture, P.O. Box 6, Bet Dagan 50250, Israel; Tel.: +972 3 968 3388; Fax: +972 3 9605667; E-mail: vlaqua@volcani.agri.gov.il

**Electronic manuscripts**

Some manuscripts are able to be submitted electronically, please check on:

<http://www.authorgateway.com/journal/pub/503302>. If electronic submission is possible, authors can upload their article as a LaTeX, Microsoft? (MS) Word?, WordPerfect?, PostScript or Adobe?

Acrobat? PDF document via the "Author Gateway" page of this journal (<http://authors.elsevier.com>), where you will also find a detailed description on its use. The system generates an Adobe Acrobat PDF version of the article which is used for the reviewing process. It is crucial that all graphical and tabular elements be placed within the text, so that the file is suitable for reviewing. Authors, Reviewers and Editors send and receive all correspondence by e-mail and no paper correspondence is necessary. Note: compuscripts submitted are converted into PDF for the review process but may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an "editable" file format is necessary. See the section on "Electronic format requirements for accepted articles" and the further general instructions on how to prepare your article below.

**Preparation of manuscripts**

1. Manuscripts should be written in English. To avoid delays in publication, authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission. **Authors in Japan please note:** Upon request, Elsevier Science Japan will provide authors with list of people who can check and improve the English of their paper (*before submission*). Please contact our Tokyo office: Elsevier Science, 9-15, Higashi-Azabu 1-chome, Minato-ku, Tokyo 106-0044; Japan; Tel. (+81) 3-5561-5032; Fax: (+81)3-5561-5045; E-mail: [info@elsevier.co.jp](mailto:info@elsevier.co.jp).

2. The preferred medium of submission is on disk with accompanying manuscript (see 'Electronic manuscripts' above). Submit the original and two copies of your manuscript. Enclose the original illustrations and two sets of photocopies (three prints of any photographs).

3. Manuscripts should be typewritten, typed on one side of the paper (with numbered lines), with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. **Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc. should be numbered in the upper right-hand corner.** However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Underline words that should be in italics, and do not underline any other words. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text.

4. Manuscripts in general should be organized in the following order:

Title (should be clear, descriptive and concise)

Name(s) of author(s)

Complete postal address(es) of affiliations

Full telephone and fax number and E-mail address of the corresponding author

Present address(es) of author(s) if applicable

Abstract

Keywords (indexing terms), normally 3-6 items. Please refer to the cumulative index.

Introduction

Material studied, area descriptions, methods, techniques

Results

Discussion

Conclusion

Acknowledgements and any additional information concerning research grants, etc.

References

Tables

Figure captions

5. In typing the manuscript, titles and subtitles should not be run within the text. They should be typed on a separate line, without indentation. Use bold face, lower-case letter type for titles; use non-bold,

italic letter type for sub-titles.

6. SI units should be used.

7. If a special instruction to the copy editor or typesetter is written on the copy it should be encircled. The typesetter will then know that the enclosed matter is not to be set in type. When a typewritten character may have more than one meaning (e.g. the lower case letter l may be confused with the numeral 1), a note should be inserted in a circle in the margin to make the meaning clear to the typesetter. If Greek letters or uncommon symbols are used in the manuscript, they should be written very clearly, and if necessary a note such as "*Greek lower-case chi*" should be put in the margin and encircled.

8. Elsevier reserves the privilege of returning the author for revision accepted manuscripts and illustrations which are not in the proper form given in this guide.

### **Abstracts**

The abstract should be clear, descriptive and not longer than 400 words. It should provide a very brief introduction to the problem and a statement about the methods used in the study. This should generally be followed by a brief summary of results, including numerical data (means and standard errors, for example). The abstract should end with an indication of the significance of the results.

### **Tables**

1. Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions a table.

2. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables.

3. Drawn tables, from which prints need to be made, should not be folded.

4. Tables should be numbered according to their sequence in the text. The text should include references to all tables.

5. Each table should be typewritten on a separate page of the manuscript. Tables should never be included in the text.

6. Each table should have a brief and self-explanatory title.

7. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurement should be added between parentheses.

8. Vertical lines should not be used to separate columns. Leave some extra space between the columns instead.

9. Any explanation essential to the understanding of the table should be given as a footnote at the bottom of the table.

### **Illustrations**

1. All illustrations (line drawings and photographs) should be submitted separately, unmounted and not folded.

2. Illustrations should be numbered according to their sequence in the text. References should be made in the text to each illustration.

3. Each illustration should be identified on the reverse side (or - in the case of line drawings - on the lower front side) by its number and the name of the author. An indication of the top of the illustrations is required in photographs of profiles, thin sections, and other cases where doubt can arise.

4. Illustrations should be designed with the format of the page of the journal in mind. Illustrations should be of such a size as to allow a reduction of 50%.

5. Lettering should be clear and large enough to allow a reduction of 50% without becoming illegible. The lettering should be in English. Use the same kind of lettering throughout and follow the style of the journal.

6. If a scale should be given, use bar scales on all illustrations instead of numerical scales that must be changed with reduction.

7. Each illustration should have a caption. The captions to all illustrations should be typed on a separate sheet of the manuscript.

8. Explanations should be given in the typewritten legend. Drawn text in the illustrations should be kept to a minimum.

9. Photographs are only acceptable if they have good contrast and intensity. Sharp and glossy copies are required. Reproductions of photographs already printed cannot be accepted.

10. Colour illustrations can be included if the cost of their reproduction is paid for by the author. For details of the costs involved, please contact the publisher at: [nlinfo-f@elsevier.nl](mailto:nlinfo-f@elsevier.nl).

## References

1. All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.
2. In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication, followed - if necessary - by a short reference to appropriate pages. Examples: "*Since Peterson (1993) has shown that...*" "*This is in agreement with results obtained later (Kramer, 1994, pp. 12-16)*".
3. If reference is made in the text to a publication written by more than two authors the name of the first author should be used followed by "*et al.*". This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and all co-authors should be mentioned.
4. References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically by authors' names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with co-authors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates - publications of the same author with one co-author - publications of the author with more than one co-author. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 1994a, 1994b, etc.
5. Use the following system for arranging your references:
  - a. *For periodicals*  
 Dame, R., Libes, S., 1993. Oyster reefs and nutrient retention in tidal creeks. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 171, 251-258.
  - b. *For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical*  
 Benzie, J.A.H., Ballment, E., Frusher, S., 1993. Genetic structure of *Penaeus monodon* in Australia: concordant results from mtDNA and allozymes. In: Gall, G.A.E., Chen, H. (Eds.), *Genetics in Aquaculture IV. Proceedings of the Fourth International Symposium, 29 April-3 May 1991, Wuhan, China.* *Aquaculture* 111, 89-93.
  - c. *For books*  
 Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials.* Elsevier, Amsterdam, 278 pp.
  - d. *For multi-author books*  
 Shigueno, K., 1992. Shrimp culture industry in Japan. In: Fast, A.W., Lester, L.J. (Eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices.* Elsevier, Amsterdam, pp. 641-652.
6. Titles of periodicals mentioned in the list of references should be abbreviated following ISO 4 standard. The ISSN word abbreviations, for example, can be found at <http://www.issn.org/Istwa.html>.
7. In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "*(in Russian)*" or "*(in Greek, with English abstract)*" should be added.
8. Papers accepted for publication but not yet published should be referred to as "*in press*".
9. References concerning unpublished data and "*personal communications*" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

## Formulae

1. Formulae should be typewritten, if possible. Leave ample space around the formulae.
2. Subscripts and superscripts should be clear.
3. Greek letters and other non-Latin or handwritten symbols should be explained in the margin where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero (0) and the letter O, and between one (1) and the letter l.
4. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used.
5. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line.
6. Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.
7. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp.
8. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are  $^*P < 0.05$ ,  $^{**}P < 0.01$  and  $^{***}P < 0.001$ .
9. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g.  $\text{Ca}^{2+}$  and not  $\text{Ca}^{++}$ .

10. Isotope numbers should precede the symbols, e.g.,  $^{18}\text{O}$ .

11. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g., phosphate as  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

### GenBank/DNA sequence linking

DNA sequences and GenBank Accession numbers Many Elsevier journals cite "gene accession numbers" in their running text and footnotes. Gene accession numbers refer to genes or DNA sequences about which further information can be found in the databases at the National Center for Biotechnical Information (NCBI) at the National Library of Medicine. Elsevier authors wishing to enable other scientists to use the accession numbers cited in their papers via links to these sources, should type this information in the following manner:

For each and every accession number cited in an article, authors should type the accession number in **bold, underlined text**. Letters in the accession number should always be capitalised. (See Example 1 below). This combination of letters and format will enable Elsevier's typesetters to recognize the relevant texts as accession numbers and add the required link to GenBank's sequences.

Example 1: "GenBank accession nos. **AI631510**, **AI631511**, **AI632198**, and **BF223228**), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

Authors are encouraged to check accession numbers used very carefully. An error in a letter or number can result in a dead link.

In the final version of the printed article, the accession number text will not appear bold or underlined (see Example 2 below).

Example 2: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

In the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article (see Example 3 below).

Example 3: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

### Footnotes

1. Footnotes should only be used if absolutely essential. In most cases it should be possible to incorporate the information in normal text.

2. If used, they should be numbered in the text, indicated by superscript numbers, and kept as short as possible.

### Nomenclature

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

2. All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first

used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

4. For chemical nomenclature, the conventions of the *International Union of Pure and Applied Chemistry* and the official recommendations of the *IUPAC IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature* should be followed.

### **Copyright**

1. An author, when quoting from someone else's work or when considering reproducing an illustration or table from a book or journal article, should make sure that he is not infringing a copyright.

2. Although in general an author may quote from other published works, he should obtain permission from the holder of the copyright if he wishes to make substantial extracts or to reproduce tables, plates, or other illustrations. If the copyright-holder is not the author of the quoted or reproduced material, it is recommended that the permission of the author should also be sought.

3. Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.

4. A suitable acknowledgement of any borrowed material must always be made.

### **Proofs**

One set of proofs will be sent to the corresponding author as given on the title page of the manuscript. Only typesetter's errors may be corrected; no changes in, or additions to, the edited manuscript will be allowed.

### **Offprints**

1. Twenty-five offprints will be supplied free of charge.

2. Additional offprints can be ordered on an offprint order form, which is included with the proofs.

3. UNESCO coupons are acceptable in payment of extra offprints.

### **Author Services**

Authors can also keep a track on the progress of their accepted article, and set up e-mail alerts informing them of changes to their manuscript's status, by using the "Track a Paper" feature of Elsevier's [Author Gateway](#).

**Aquaculture has no page charges.**