

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DA ALIMENTAÇÃO E DENSIDADE DE
ESTOCAGEM NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E PERFIL
CELULAR DO HEPATOPÂNCREAS DO CAMARÃO-DA-
AMAZÔNIA *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862)
(CRUSTACEA, PALAEMONIDAE).

Maria Maschio Rodrigues

Agrônoma

Jaboticabal (SP)
Outubro/2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DA ALIMENTAÇÃO E DENSIDADE DE
ESTOCAGEM NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E PERFIL
CELULAR DO HEPATOPÂNCREAS DO CAMARÃO-DA-
AMAZÔNIA *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862)
(CRUSTACEA, PALAEMONIDAE).

Maria Maschio Rodrigues

Orientadora: Prof^a. Dra. Irene Bastos Franceschini Vicentini

Co-orientador: Prof^o. Dr. Wagner Cotroni Valenti

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Aquicultura
da Unesp, como parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal (SP)
Outubro/2011

R696e Rodrigues, Maria Maschio
Efeito da alimentação e densidade de estocagem no desempenho zootécnico e perfil celular do hepatopâncreas do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Palaemonidae)/ Maria Maschio Rodrigues. – – Jaboticabal, 2011
viii, 56 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de aquicultura, 2011

Orientadora: Irene Bastos Franceschini Vicentini

Co-orientador: Wagner Cotroni Valenti

Banca examinadora: Luciene Patrici Papa, Giovana Bertini

Bibliografia

1. Camarão-da-amazônia. 2. Camarão-hepatopâncreas. 3. Camarão-alimento. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.512:636.085

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

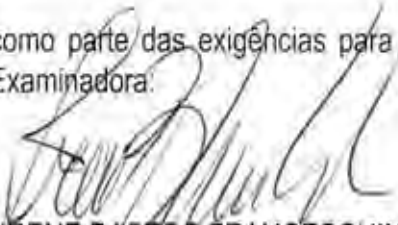
TÍTULO: EFEITO DA ALIMENTAÇÃO E DENSIDADE DE ESTOCAGEM NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E PERFIL CELULAR DO HEPATOPÂNCREAS DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE)

AUTORA: MARIA MASCHIO RODRIGUES

ORIENTADORA: Profa. Dra. IRENE BASTOS FRANCESCHINI VICENTINI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. IRENE BASTOS FRANCESCHINI VICENTINI

Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauri


Profa. Dra. LUCIENE PATRICI PAPA

Departamento de Anatomia / Faculdade Sudoeste Paulista


Profa. Dra. GIOVANA BERTINI

Coordenadoria Executiva / Unidade de Registro

Data da realização: 11 de outubro de 2011.

Agradecimentos

A Deus.

À Profa Dra. Irene Bastos Franceschini Vicentini, pela orientação, oportunidade, amizade, apoio e confiança. Obrigada por ter me apresentado a histologia de forma tão level!

Ao Prof Dr. Wagner Cotroni Valenti, pela co-orientação, exemplo, amizade, e incentivo.

Ao Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), pela oportunidade para a realização deste trabalho.

Ao Setor de Carcinicultura do CAUNESP, por todo apoio e estrutura utilizada na realização do experimento.

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

Ao Dr. Rogério da Costa e ao Dr. Bruno César Schimming, membros da banca examinadora da qualificação do mestrado, e à Dra. Giovana Bertini e à Dra Luciene, membros da banca de defesa, pelas contribuições para a melhoria desse trabalho.

Aos amigos do Setor de Carcinicultura do CAUNESP, Agatha, Alessandra, Ariel, Bauru, Brunão, Chave, Caio Pavanelli, Danielly, Dri, Fabrício, Felipe, Fernanda, Janaína, Marcelo, Matheus, Patrícia e Tavani, por toda a ajuda prestada durante a realização do experimento, pela amizade, convívio e descontração. Em especial, um muito obrigada ao Bruninho, Caio Gomes, Cilene, João Alexandre, José Mario, Michéle, Rabera, Rafa e Roberto, pela amizade, dedicação e intensa ajuda no manejo diário.

Aos amigos do laboratório de morfologia de organismos aquáticos da UNESP de Bauru (LAMO), pela amizade, descontração e auxílio com a histologia. Em especial, aos amigos, Claudemir, Rafaela e Renata, pelo auxílio direto nos processos histológicos e ainda, por terem me recebido em suas casas com tanto carinho.

Aos funcionários do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) e grandes amigos, J. Roberto Polachini, Veralice Cappatto e David Lorente por todo auxílio prestado.

Aos meus pais, Cleuza e Fernando, principalmente à minha mãe, pelo incentivo, coragem, confiança e por ser meu eterno “porto seguro”.

Aos meus avós (in memorian), por todo amor e carinho em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão Fabio e a minha cunhada Thais, pelo carinho e fins de semana de descontração.

Ao meu afilhado-sobrinho, Matheus, por me fazer sorrir sempre.

À minha orientadora de graduação, Dra. Giovana Bertini por ser tão atenciosa e por ter me ensinado tantas coisas.

Aos meus amigos de infância, Geison, Isabela, Juliana, Jeferson, Keiti e Sheila, por toda amizade, carinho e força, em todos os momentos alegres e difíceis. Vocês são especiais!

Aos meus amigos-irmãos de graduação, Bia, Fefê, Ju, Pandeiro, Avelino, Bob, Bozo, Diego Panda, Rufião e Turco, pela amizade, companheirismo e energia positiva transmitida, mesmo a distância. Adoro as nossas bagunças!

Às amigas, Afinada, Fernanda e Tavani, pela convivência tão agradável, amizade, fofocas, força e carinho. Muito obrigada pela sintonia, já sinto saudades!

À República Biozona, por ter me acolhido como parte da família. Muitas alegrias!

Aos queridos amigos, Ariel, Anemia, Bauru, Brunão, Caio, Dri, Mat, Nat, Rhosa, Spinha, Tanga, Therezinha e Verinha, por tornar minha estadia em Jaboticabal tão intensa e feliz. Vocês me conquistaram!

Ao Fabrício, pelas discussões para a realização deste trabalho, por ser tão carinhoso, amigo, companheiro e divertido. Obrigada por me fazer suspirar todos os dias!

Sempre permaneça aventureiro.
Por nenhum momento se esqueça de que
a vida pertence aos que investigam.
Ela não pertence ao estático;
Ela pertence ao que flui.
Nunca se torne um reservatório,
sempre permaneça um rio.”

OSHO

SUMÁRIO

<u>RESUMO</u>	01
<u>ABSTRACT</u>	02
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	03
<u>2. LITERATURA</u>	06
<u>3. OBJETIVOS</u>	11
<u>4. MATERIAL E MÉTODOS</u>	12
<u>4.1. Desempenho zootécnico</u>	12
<u>4.2. Histologia</u>	15
<u>5. RESULTADOS</u>	17
<u>5.1. Desempenho zootécnico</u>	17
<u>5.1.1. Variáveis físicas e químicas da água</u>	17
<u>5.1.2. Crescimento, sobrevivência e produtividade</u>	19
<u>5.2. Histologia: Estrutura do hepatopâncreas</u>	28
<u>6. DISCUSSÃO</u>	33
<u>6.1. Desempenho zootécnico</u>	33
<u>6.1.1. Variáveis físicas e químicas da água</u>	33
<u>6.1.2. Crescimento, sobrevivência e produtividade</u>	36
<u>6.2. Histologia: Estrutura do hepatopâncreas</u>	42
<u>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	45
<u>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	46

RESUMO

Este estudo analisou o efeito do tipo de alimento associado com a variação na densidade de estocagem no cultivo de *Macrobrachium amazonicum*, sendo avaliados o desempenho zootécnico e o perfil celular do hepatopâncreas. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados (DBC), esquema fatorial 2x2, com três repetições. Os fatores testados foram: tipo de alimento (natural + alóctone e somente natural) e densidade de estocagem (10 e 20 indivíduos.m⁻²). Juvenis de *M. amazonicum* foram cultivados por 8 meses em doze viveiros de fundo natural com aproximadamente 0,01 ha de área. Mensalmente, foram coletados de cada viveiro 30 animais para realização das biometrias, destes, foram retirados aleatoriamente 5 animais para análise das características estruturais do hepatopâncreas. A sobrevivência ao final do cultivo não diferiu significativamente entre os tratamentos e esteve dentro da faixa esperada para longos cultivos da mesma espécie. Foi observado que os animais cresceram uniformemente entre os tratamentos até o 4º mês de cultivo. Após esse mês, o alimento e a densidade influenciaram significativamente no crescimento. Isto sugere que a estratégia de vida da espécie, na tentativa de reduzir a competição intraespecífica na falta de alimentos, diminui o crescimento ao invés de aumentar a mortalidade. Além disso, pode-se concluir que o uso alimento alóctone não é necessário até o 4º mês de cultivo. A capacidade de biomassa máxima suportada pelo viveiro, sem alimento alóctone, foi de aproximadamente 300 kg.ha⁻¹, a partir dessa biomassa foi observada uma redução no crescimento dos animais. A maior produtividade foi obtida na presença de alimento alóctone e na densidade de 20 indivíduos.m⁻². As características estruturais do hepatopâncreas dos animais tratados com alimento natural + alóctone estiveram de acordo com o padrão morfológico encontrado para a espécie. Já nos tratamentos com somente o alimento natural presente nos viveiros, os hepatopâncreas apresentaram perfil celular característico de animais que sofreram inanição.

Palavras - chave: camarão-da-amazônia, hepatopâncreas, alimento natural.

ABSTRACT

This study evaluated the effects of food type associated with the stocking density in grow-out ponds of *Macrobrachium amazonicum*. We evaluated the cellular profile of hepatopancreas and production performance. The experimental design was a randomized complete block design (RBD), in a 2x2 factorial design with three replications. The factors tested were the type of food (natural + allochthonous and only natural) and stocking density (10 and 20 indivíduos.m⁻²). Juveniles of *M. amazonicum* were cultured for 8 months in twelve 0.01 ha earthen ponds. Every month, 30 animals were collected from each pond for biometrics analysis, among these five animals were randomly taken for analysis of the structural characteristics of the hepatopancreas. Survival at the end of the farming did not differ significantly between treatments and was within the expected range for extended farming with the same specie. It was observed that the animals grew evenly among the treatments until the 4th month of cultivation. After that month, the food and density significantly influenced this growth. This suggests that the life strategy of the specie, in an attempt to reduce intraspecific competition in the absence of food, is to decrease the growth rather than increase mortality. Moreover, the use of allochthonous food is not necessary until the 4th month of grow-out. The maximum capacity of biomass supported by the ponds, without allochthonous food, was approximately 300 kg ha⁻¹. From this period we observed a reduction in animal growth. The highest productivity was obtained in the presence of allochthonous food and density of 20 ind.m⁻². The structural characteristics of the hepatopancreas of the animals treated with only natural food had cellular profile similar to that of characteristic undergoing starvation.

Key words: amazon river prawn, hepatopancreas, natural food.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é o processo de produção em cativeiro de organismos com hábitat predominantemente aquático, em qualquer estágio de desenvolvimento, ou seja: ovos, larvas, pós-larvas, juvenis ou adultos (Valenti, 2000). A aquicultura moderna envolve três componentes: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social (Valenti, 2002). Estes são essenciais e indissociáveis para que a atividade seja perene. A aquicultura sustentável baseia-se na utilização racional dos recursos naturais e humanos no processo de produção. Desse modo, é uma atividade economicamente viável, que propicia melhoria da qualidade de vida das comunidades locais, sem degradar os ecossistemas nos quais se insere (Arana, 1999; Valenti, 2002).

A carcinicultura de água doce é reconhecida como uma forma lucrativa de produzir crustáceos com baixo impacto ambiental e ganhos sociais (New *et al.*, 2000; Valenti & Moraes-Riodades, 2004), atendendo assim aos preceitos da aquicultura sustentável. Os camarões de água doce ocupam posição inferior aos marinhos nos mercados mundiais. No entanto, apresentam maior resistência a doenças, maturação e larvicultura mais simples, independência da água salgada na fase de engorda e sistema de produção compatível com pequenas propriedades (Valenti, 1996; New, 2000; 2005).

Os estoques naturais de camarões de água doce têm sido explorados indiscriminadamente causando uma aparente diminuição de suas reservas populacionais. Aliado a este fator, observa-se o aumento da destruição de seus habitats devido à poluição dos rios e córregos. Dentro deste contexto, a carcinicultura constitui uma excelente alternativa para a manutenção destes crustáceos, sendo que em diversos países têm sido estimulados vários programas de cultivo em larga escala (Valenti, 1993).

As principais espécies de camarões de água doce cultivadas com fins comerciais no mundo são *Macrobrachium nipponense* (De Hann, 1849) e *Macrobrachium rosenbergii*

(De Man, 1879) (FAO, 2011). O grande desenvolvimento do cultivo de *M. nipponense* na China durante a última década mostrou o potencial do uso das espécies nativas para aquicultura. Entre as espécies nativas da região leste da América do Sul, o camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) é o decápode de água doce com a maior importância econômica (Maciel & Valenti, 2009). Apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde a Venezuela até a Argentina (Davant, 1963; Pettovello, 1996; Bialetzki *et al.*, 1997) e vem sendo largamente explorado pela pesca artesanal no Brasil (Odinetz-Collart, 1987; Odinetz-Collart & Moreira, 1993; New *et al.*, 2000).

A espécie *M. amazonicum* apresenta grande potencial para a aquicultura (Kutty *et al.*, 2000; New, 2005). Atinge 16 cm e 30 g, sua carne apresenta textura mais firme e sabor mais acentuado em relação à carne de *M. rosenbergii* e por isso, tem melhor aceitação no mercado consumidor (Moraes-Riudades & Valenti, 2001). É amplamente consumido pelas populações de todos os grupos econômicos na região amazônica (Moraes-Riudades & Valenti, 2001) e nordeste do Brasil (New *et al.*, 2000).

A produção mundial de organismos aquáticos cresceu aproximadamente 88% entre os anos de 1998 e 2008 (FAO, 2011). A criação de camarões de água doce tornou-se um dos principais contribuintes para expansão da aquicultura mundial, tanto em termos de quantidade quanto em movimentação monetária (New, 2010). Segundo os dados da FAO (2011), foram produzidas cerca de 80 mil toneladas de *M. rosenbergii* e *M. nipponense* no ano de 1998 e 413 mil toneladas no ano de 2008, correspondendo em um aumento de 422%. No entanto, o Brasil não participou desse crescimento, uma vez que *M. rosenbergii* é a única espécie cultivada comercialmente, e sua produção reduziu em 10% nestes anos (FAO, 2011).

O Brasil possui condições excepcionais para a produção de organismos de água doce, por apresentar grande disponibilidade de reservatórios, temperaturas adequadas durante todo o ano na maior parte do território e alta diversidade de espécies nativas. Além

disso, possui um grande mercado consumidor e conhecimento científico para suportar o uso sustentável dos ecossistemas aquáticos (Valenti, 2007). Porém, para que qualquer espécie seja cultivada e a produção de crustáceos consolidada, é necessário um estudo amplo dos seus aspectos biológicos e de todo o processo de produção, já que o manejo inclui diversas estratégias de estocagem e despesca, métodos de alimentação, fertilização e calagem, o uso ou não de aeradores e taxa de renovação da água (Valenti *et al.*, 2010).

2. LITERATURA

As estratégias para a criação de camarões de água doce incluem variações no período do ciclo de produção, manejo da alimentação, densidade de estocagem e despesca (Valenti & Tidwell, 2006; Valenti *et al.*, 2010). Camarões podem ser criados em curtos (3-4 meses), médios (4-6 meses) e longos (6-9 meses) períodos. Atualmente poucos trabalhos têm sido realizados com longos ciclos de produção em *M. amazonicum*. A criação em períodos longos permite a obtenção de animais de maior porte, que apresentam um melhor valor no mercado consumidor. Os maiores períodos de cultivo experimental de *M. amazonicum* foram realizados por Moraes-Valenti & Valenti (2007) durante 5,5 meses de crescimento final em viveiros, e ainda por Kiyohara (2006) estocando juvenis por 7,5 meses em cercados e tanques-rede. Outros trabalhos foram feitos com menos de 4 meses de cultivo (Preto *et al.*, 2008; Preto *et al.*, 2010).

A densidade populacional pode atuar sobre o crescimento e a sobrevivência, uma vez que está condicionada a interação dos camarões. Essa interação é representada pela competição intraespecífica, por recursos vitais, e pelos comportamentos social e agonístico (Valenti & New, 2000). A elevação da densidade populacional no interior de um viveiro normalmente está associada com a produção elevada de animais de pequeno porte, enquanto a baixa densidade de estocagem leva a produção de animais de grande porte, porém com menor produtividade (Willis & Berrigan, 1977). Com o aumento da densidade o alimento e/ou espaço podem tornar-se insuficientes, aumentando a competição e comportamento agonístico. Este fato causa um menor crescimento dos animais devido ao estresse. Ainda, com relação à oferta de alimento, estudos realizados demonstraram que a espécie *M. rosenbergii* pode preferir o alimento natural presente nos viveiros, mesmo na presença de alimento alóctone abundante e suficiente (Schröder, 1983). Sabendo da

importância do alimento natural no interior dos viveiros, faz-se necessário estudar a melhor forma de sua utilização.

O alimento artificial é o insumo mais utilizado no cultivo de camarões de água doce no Brasil e chega a ser responsável por até 50% do custo de produção (Rhodes, 2000). O alimento alóctone também é o principal fator de deterioração da qualidade da água e do acúmulo de matéria orgânica no fundo do viveiro (Boyd & Teichert-Coddington, 1992). A utilização do alimento natural diminui os custos de produção com o alimento alóctone (Correia, 1998; Correia *et al.*, 2003) e contribui com redução na degradação da qualidade da água (Martinez-Cordova *et al.*, 1998). Estima-se que o alimento natural contribua com 50 a 77% na nutrição dos camarões em sistema semi-intensivo, onde os organismos zooplancônicos e bentônicos são efetivamente consumidos (Martinez-Cordova *et al.*, 1998). Já Tidwell *et al.* (1997) constataram que o alimento natural constitui um terço da alimentação de *M. rosenbergii*, quando alimentado com alimento alóctone de alta qualidade.

A fertilização apresenta papel importante no balanço nutricional dos viveiros, pois estimula a produção dos organismos que compõem o alimento natural (Tacon & De Silva, 1997). Assim, estudos abordando estratégias de fertilização para estimular o crescimento e otimizar a nutrição e alimentação de camarões foram desenvolvidos por Santana (2006); Souza (2007) e Silva *et al.* (2008).

A redução da utilização de alimento artificial visando o aumento da viabilidade econômica vem sendo uma preocupação constante da carcinicultura mundial. Assim, reconhecendo a necessidade do alimento natural na nutrição dos camarões, mais pesquisas devem ser feitas para o desenvolvimento de práticas de manejo que irão otimizar a disponibilidade de alimentos naturais. Aliado a estes estudos é interessante que a resposta do trato gastrointestinal seja avaliada, sendo que para essa avaliação a morfologia faz-se uma ferramenta importante. Nesse sentido, atualmente existem trabalhos que tratam dos

aspectos morfológicos resultantes de tratamentos testes com diferentes dietas em camarões de água doce. Sabe-se que os sistemas digestório e reprodutor são os que mais sofrem influência destas diferentes dietas. Ostaszewska *et al.* (2006) apontam a necessidade da investigação de alterações histológicas durante períodos longos de inanição, particularmente no momento quando a digestão não é mais possível devido à alterações histopatológicas de fígado, pâncreas e epitélio intestinal.

No que se refere ao sistema digestório, o hepatopâncreas é responsável pela produção de enzimas digestivas e assimilação de nutrientes (Gibson & Barker, 1979; Icely & Nott, 1992). O papel específico dos diferentes tipos celulares no hepatopâncreas tem sido inferido através das observações morfológicas, da localização histoquímica de enzimas digestivas e da assimilação de nutrientes (Icely & Nott, 1992; Franceschini-Vicentini, 2011). Icely & Nott (1992) por meio de observações no epitélio do hepatopâncreas fizeram a descrição do ciclo digestório dos crustáceos. Assim como, o epitélio de revestimento dos túbulos hepatopancreáticos de *M. amazonicum*, foi descrito por Franceschini-Vicentini *et al.* (2009). Esses autores relataram o padrão morfológico do hepatopâncreas, com ênfase na ramificação dos respectivos túbulos hepatopancreáticos e nos diferentes tipos celulares que compõem o epitélio de revestimento, sendo descritos os cinco tipos celulares: células E, F, B, R e M.

Modelos sobre o papel do hepatopâncreas no sistema digestório de decápodes foram propostos por Loizzi (1971) e Gibson & Barker (1979). Esses autores sugeriram que as enzimas digestivas são produzidas nas células F e estocadas em um vacúolo, de onde são liberadas periodicamente após a ingestão alimentar. Alguns nutrientes e fluídos são absorvidos nas células F e B, e outros são assimilados pelas células R (Barker & Gibson 1977; 1978). Os produtos finais da digestão são tanto transferidos para a hemolinfa, quanto estocados como lipídio e glicogênio nas células R. Aspectos desse modelo podem ser

modificados uma vez que a alimentação, a inanição e o ciclo de muda influenciam diretamente o perfil celular do hepatopâncreas (Icely & Nott, 1992).

Alguns autores sugerem uma sequência de diferenciação celular na parede dos túbulos hepatopancreáticos. Esta diferenciação foi proposta uma vez que a fisiologia do hepatopâncreas envolve células com características indiferenciadas e outras com características de intensa síntese. Assim, as células E são consideradas relativamente indiferenciadas quando comparadas com os outros tipos celulares e são as únicas células hepatopancreáticas que realizam mitose (Al-Mohanna *et al.*, 1985a; Vogt, 1985; Icely & Nott, 1992). As células E são consideradas como fonte das células diferenciadas presentes nos túbulos hepatopancreáticos (Icely & Nott, 1992).

O esquema de diferenciação celular do hepatopâncreas propõe que as células R e F são derivadas separadamente das células E, e que as células B se desenvolvem a partir das células F. Esse esquema está suportado por observações como: (1) células R e F estão localizadas adjacentes às células E (Loizzi, 1971; Icely & Nott, 1992; Corrêa Jr *et al.*, 2002); (2) a ultraestrutura das células B indica mais aspectos comuns com as células F do que com as células R (Loizzi, 1971); (3) observam-se células com estágios de desenvolvimento intermediários entre as células F e B (Al-Mohanna *et al.*, 1985a); (4) o número de células B ao longo do túbulo parece ser inversamente proporcional ao número de células F (Al-Mohanna & Nott, 1989) e (5) a degeneração das células R e B é observada nos túbulos hepatopancreáticos (Loizzi, 1971). Enquanto alguns estudos enfatizam a degeneração das células F (Hopkin & Nott, 1979; Icely & Nott, 1992), a maioria sugere que as células F são um estágio de desenvolvimento das células B (Gibson & Barker, 1979; Vogt, 1993; 1994).

Com relação às células M, Al-Mohanna *et al.* (1985b) e Al-Mohanna & Nott (1987a) afirmaram que estas células são conhecidas pela acumulação contínua de material orgânico denso, o qual ocupa todo o volume celular. As células M também são

responsáveis pela estocagem de proteína no hepatopâncreas (Al-Mohanna *et al.*, 1985b). O acúmulo de material protéico deve estar relacionado com as fases de pré e pós muda, uma vez que durante o processo de muda o animal cresce antes da carapaça se formar novamente e, devido à vulnerabilidade, o animal não se alimenta (Al-Mohanna & Nott 1989). Assim atualmente atribui-se à célula M função digestora durante os ciclos de muda.

Vários autores observaram os efeitos da inanição na estrutura do hepatopâncreas em crustáceos (Storch & Anger, 1983 *apud* Icely & Nott, 1992; Papathanassiou & King, 1984; Storch *et al.*, 1984; Vogt *et al.*, 1985; Strus, 1987). Esses autores descrevem várias alterações comuns, como a redução do tamanho celular, a condensação da cromatina nuclear, a redução dos estoques de lipídios e glicogênio e aumento no número de corpos residuais. Além disso, também foi verificado que a influência da inanição é mais marcada nas células R (Icely & Nott, 1992).

3. OBJETIVOS

O estudo do potencial para a produção de *Macrobrachium amazonicum*, assim como, os aprimoramentos de técnicas que melhorem seu cultivo são embasados na ampliação dos conhecimentos sobre ecologia e biologia da espécie. Assim, este trabalho propôs a avaliação do efeito do tipo de alimento associado com variação na densidade de estocagem no desempenho zootécnico e perfil celular do hepatopâncreas. Foram analisados o desenvolvimento individual de *Macrobrachium amazonicum* ao longo dos meses, e massa, sobrevivência e produtividade na ocasião da despesca final, assim como o perfil celular do hepatopâncreas durante o período de crescimento dos indivíduos, desde a fase de juvenil até a fase adulta.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Desempenho zootécnico

Este trabalho foi realizado no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal-SP, no período de 18/08/09 a 21/04/10.

O experimento foi conduzido em doze viveiros retangulares de fundo natural, com 0,01 ha e profundidade útil média de 1 m. Os viveiros foram drenados e secos ao ar. Em seguida, receberam calagem com calcário agrícola (1000 kg.ha^{-1}) e depois de uma semana, foram abastecidos com água de uma represa, submetida previamente a filtragem mecânica. A adubação química foi realizada com superfosfato simples e uréia na concentração de $6 \text{ kg P}_2\text{O}_5. \text{ha}^{-1}$ e 2 kg N. ha^{-1} , respectivamente (Boyd & Zimmermann, 2010) e foi repetida quando a transparência do viveiro superou 50 cm, ao longo do período de engorda, o que indica a diminuição do alimento natural disponível.

Os viveiros foram estocados no dia 18/08/09 com juvenis ($0,19 \pm 0,09 \text{ g}$) de *Macrobrachium amazonicum* cultivados em “estufa”, isto é, em ambiente protegido das alterações climáticas externas, por 60 dias, durante o período de inverno. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2×2 , com quatro tratamentos e três repetições. Os fatores testados foram alimento (natural + alóctone e somente natural) e densidade de estocagem (10 e $20 \text{ juvenis.m}^{-2}$), conforme os tratamentos:

- NA 10 = Alimento natural + alóctone e densidade de $10 \text{ juvenis.m}^{-2}$;
- N 10 = Somente alimento natural e densidade de $10 \text{ juvenis.m}^{-2}$;
- NA 20 = Alimento natural + alóctone e densidade de $20 \text{ juvenis.m}^{-2}$;
- N 20 = Somente alimento natural e densidade de $20 \text{ juvenis.m}^{-2}$.

Em todos os tratamentos, o alimento natural foi considerado como aquele produzido naturalmente no ambiente dos viveiros. Nos viveiros com alimentação alóctone, os camarões foram alimentados com dieta comercial peletizada recomendada para

camarões marinhos da marca “Poli-nutri[®]” (35% de proteína bruta), ofertada a lanço sobre toda superfície do viveiro. A taxa diária de arraçoamento de cada viveiro foi de 2,5 g.m⁻² no primeiro mês. Neste período foi dada a dieta farelada devido ao pequeno porte dos animais. Após esse período, a quantidade de alimento fornecida foi de 9% da biomassa dos camarões, reduzindo 1% ao mês até a despesca. A biomassa dos camarões foi estimada por meio de biometrias realizadas a cada mês e a quantidade de dieta foi ajustada semanalmente, considerando 1% de mortalidade e 20% de ganho de peso.

A dieta foi dividida em duas porções iguais e distribuída às 8 e 17 horas. Essa foi reduzida pela metade nos dias em que o oxigênio encontrava-se entre 2,5 a 3,5 mg.L⁻¹ e foi suspensa quando este apresentou valores abaixo de 2,5 mg.L⁻¹. Nestes casos foi acionado, por algumas horas, um aerador de emergência da marca Bernauer[®], modelo B-500 AQUAHOBby, monofásico de água doce.

A fim de estabelecer um controle e caracterizar as condições de cultivo, foram monitoradas algumas variáveis da água de importância para a carcinicultura. A temperatura da água e o oxigênio dissolvido foram medidos diariamente (8 h) por meio de oxímetro digital YSI modelo 55. Semanalmente foi realizada a leitura do pH utilizando o peagâmetro digital YSI modelo 63. As concentrações de amônia foram determinadas mensalmente segundo Solorzano (1969) por meio de espectrofotômetro Hach DR 2000. A transparência foi aferida quinzenalmente com a utilização do disco de Secchi. Foi utilizado o sistema sem circulação de água; a água de abastecimento foi utilizada somente para repor as perdas por infiltração e evaporação.

Na ocasião das biometrias, foi coletada uma amostra aleatória de 30 camarões de cada viveiro com auxílio de uma rede de arrasto (5 mm entre nós). Os animais foram pesados (Balança Marte[®] A 500, com acurácia de 0,01 g) e posteriormente devolvidos aos viveiros.

Após 8 meses de cultivo foi realizada a despesca total nos viveiros. Uma amostra aleatória de 10% dos animais de cada viveiro foi contada e pesada. Os animais foram mortos por choque térmico com a utilização de água, gelo e cloro, conforme o método descrito por Madrid & Phillips (2000).

Para todas as variáveis monitoradas e analisadas em cada viveiro, foram calculadas as médias e desvios padrão para cada tratamento. A massa média individual de cada viveiro foi calculada dividindo a somatória da massa individual dos camarões amostrados pelo número de animais. A massa média mensal foi calculada para verificar o comportamento do crescimento dos animais em cada tratamento ao longo do cultivo. Os dados de massa dos animais foram agrupados em classes de 1 g e foi feita a distribuição de frequência dos camarões em cada classe de massa por tratamento.

A sobrevivência final (Sf) foi estimada pelo quociente entre o número de animais despescados no viveiro e o número de animais depositados inicialmente. Estimou-se a sobrevivência mensal (Sm) supondo que a sobrevivência seja constante em um intervalo de 1 mês, período fixado e mantido ao longo do cultivo. A sobrevivência mensal foi estimada neste intervalo de tempo a partir da taxa de sobrevivência obtida no período total de cultivo (Sf), através da fórmula:

$$S_m = S_f^{1/n}$$

onde: n = número de intervalos de tempo constantes no qual foi dividido o período de cultivo (no caso do deste trabalho são 8 meses).

A produtividade final no viveiro foi estimada multiplicando a massa média individual pelo número de camarões despescados por unidade de área. O resultado foi convertido em kg.ha⁻¹.

A biomassa média mensal foi estimada multiplicando o número de indivíduos presentes naquele mês no viveiro (calculado pela sobrevivência mensal estimada) pela

massa média dos camarões neste mesmo mês (calculado após as biometrias). O resultado foi convertido em kg.ha^{-1} .

Análise dos dados

A normalidade dos dados e a igualdade das variâncias entre os tratamentos (homocedasticidade) foram avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe, respectivamente. A seguir, os dados foram submetidos à Análise de Variância, sendo realizado o desdobramento da interação quando essa foi significativa ($P \leq 0,05$). Os dados de sobrevivência foram transformados em arco seno $\sqrt{x}$, mas os valores originais são apresentados nas tabelas para facilitar a interpretação.

Os gráficos foram constituídos utilizando-se o software “Excell” da Microsoft e todas as análises foram realizadas no Statistical Analysis System (SAS Intitute Inc., version 9.0). Em todos os casos considerou-se que os dados diferem quando a probabilidade for menor ou igual a 5%.

4.2. Histologia

O processamento do material para microscopia e suas análises foram desenvolvidas no Laboratório de Morfologia de Organismos Aquáticos da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru.

Conforme informado anteriormente, foram coletados 30 camarões aleatoriamente de cada viveiro para realização da biometria mensal. Destes animais foram retirados 5 animais ao acaso para análise das características estruturais do hepatopâncreas. Os camarões analisados foram mortos por choque térmico com a utilização de água e gelo, o hepatopâncreas foi coletado e fixado em solução de Bouin por 48 horas. Posteriormente, o fixador foi removido com banhos de álcool 70%, sendo mantido neste meio até sua inclusão em historesina (Leica Microsystems Nussloch, Alemanha). Após a rotina de

inclusão, foram feitos cortes de 3 μm . As secções histológicas obtidas foram coradas com Hematoxilina e Eosina. A análise e fotodocumentação foram realizadas em fotomicroscópio Olympus[®] B Max-40 acoplado a uma câmara digital DP 12 (Olympus[®] – Japan).

5. RESULTADOS

5.1. Desempenho zootécnico

5.1. 1. *Variáveis físicas e químicas da água*

Foram monitorados a temperatura, oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, transparência e pH da água dos viveiros de cultivo. A temperatura média não variou nos tratamentos. Os valores médios de oxigênio dissolvido variaram de 4,75 a 6,54 mg.L⁻¹. O nitrogênio amoniacal foi maior na presença de alimento alóctone, porém não apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($P>0,05$). A transparência esteve entre 42 - 53 cm e o pH entre 7,62 - 7,95 (Tab. 1).

Ressalta-se que, no presente trabalho, apenas as médias de oxigênio dissolvido e transparência diferiram significativamente entre os tratamentos. Observou-se que os valores médios para esses parâmetros foram mais baixos na presença de alimento alóctone (Tab. 1).

Tabela 1. Médias $\pm$ desvios padrão das variáveis da água obtidas durante o cultivo de *M. amazonicum*.

Alimento	Densidade (ind.m ⁻²)	T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	N-amoniaco (µg.L ⁻¹)	Transparência (cm)	pH
<i>Tratamentos</i>						
natural	10	26,0 $\pm$ 0,1	6,49 $\pm$ 0,25	80,66 $\pm$ 18,31	53 $\pm$ 1	7,65 $\pm$ 0,02
natural + alóctone	10	26,0 $\pm$ 0,2	5,16 $\pm$ 0,06	104,27 $\pm$ 5,91	44 $\pm$ 1	7,73 $\pm$ 0,03
natural	20	26,1 $\pm$ 0,2	6,54 $\pm$ 0,29	86,32 $\pm$ 38,40	50 $\pm$ 6	7,95 $\pm$ 0,31
natural + alóctone	20	26,1 $\pm$ 0,1	4,75 $\pm$ 0,33	126,24 $\pm$ 51,69	42 $\pm$ 4	7,62 $\pm$ 0,13
<i>Médias agrupadas por alimento</i>						
natural		26 $\pm$ 0,2	6,51 $\pm$ 0,24 ^A	83,48 $\pm$ 27,08	51 $\pm$ 5 ^A	7,80 $\pm$ 0,26
natural + alóctone		26 $\pm$ 0,2	4,95 $\pm$ 0,80 ^B	115,25 $\pm$ 46,22	43 $\pm$ 5 ^B	7,67 $\pm$ 0,05
<i>Médias agrupadas por densidade</i>						
	10	26 $\pm$ 0,2	5,96 $\pm$ 0,75	90,10 $\pm$ 18,54	49 $\pm$ 5	7,68 $\pm$ 0,05
	20	26 $\pm$ 0,1	5,64 $\pm$ 1,02	106,28 $\pm$ 46,22	46 $\pm$ 6	7,78 $\pm$ 0,28
<i>ANOVA</i>						
Alimento		NS	*	NS	*	NS
Densidade		NS	NS	NS	NS	NS
Interação		NS	NS	NS	NS	NS

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente. *: significativo ($P \leq 0,05$); NS: não significativo ($P > 0,05$); OD: oxigênio dissolvido; T: temperatura; N-amoniaco: nitrogênio amoniacal.

As temperaturas médias mensais foram semelhantes em todos viveiros de cultivo. A menor temperatura média encontrada foi no mês de agosto/09 ($20 \pm 0,2$ °C) (Fig. 1). Após este mês, foi observado um acentuado aumento da temperatura, sendo os maiores valores observados nos meses de novembro/10 e fevereiro/10. Em seguida, a temperatura reduziu até o mês da despesca.

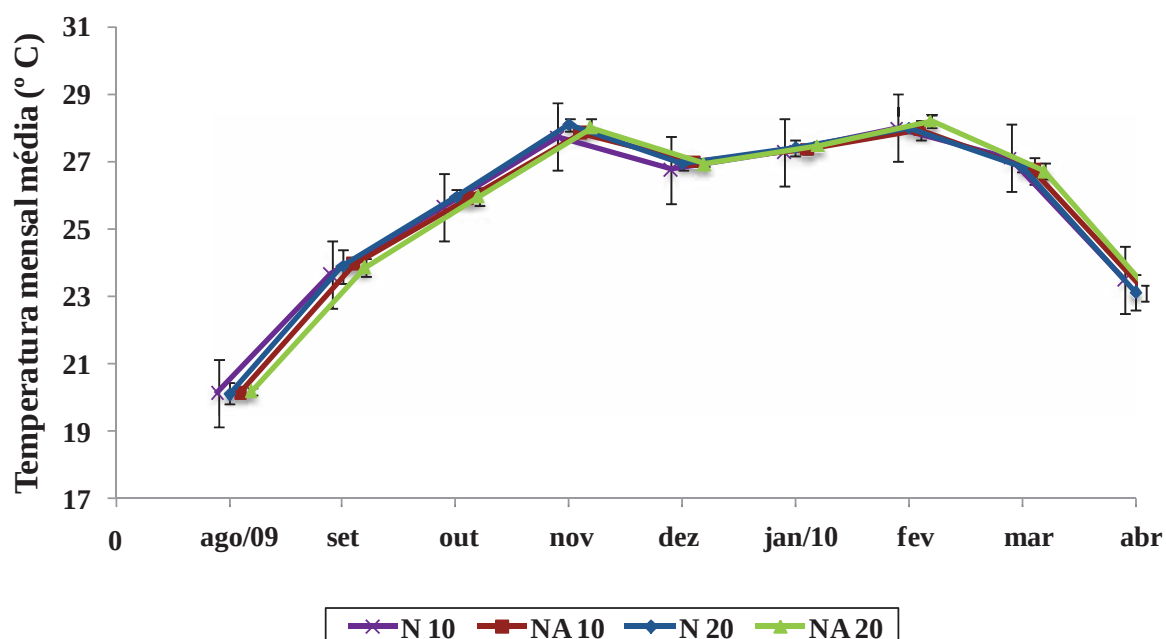


Figura 1. Temperatura média mensal da água dos viveiros de cultivo. N: alimento natural; NA: alimento natural + alóctone; 10 e 20: densidades de estocagem (indivíduos.m⁻²).

5.1. 2. Crescimento, sobrevivência e produtividade

Observou-se que os animais cresceram uniformemente entre os tratamentos até o 4º mês de cultivo ($P>0,05$) (Fig. 2 e Tab. 2), independente do fornecimento de alimento alóctone ou densidade de estocagem. A partir do 5º mês, os fatores analisados neste estudo influenciaram o crescimento, sendo o fator alimento o que determinou essa variação (Fig. 2 e Tab. 2). O fator densidade influenciou o crescimento dos animais apenas no 5º mês de cultivo, porém nos demais meses essa diferença não foi confirmada ($P>0,05$). Importante notar que o 8º mês de cultivo foi observada uma redução no crescimento (Fig. 2).

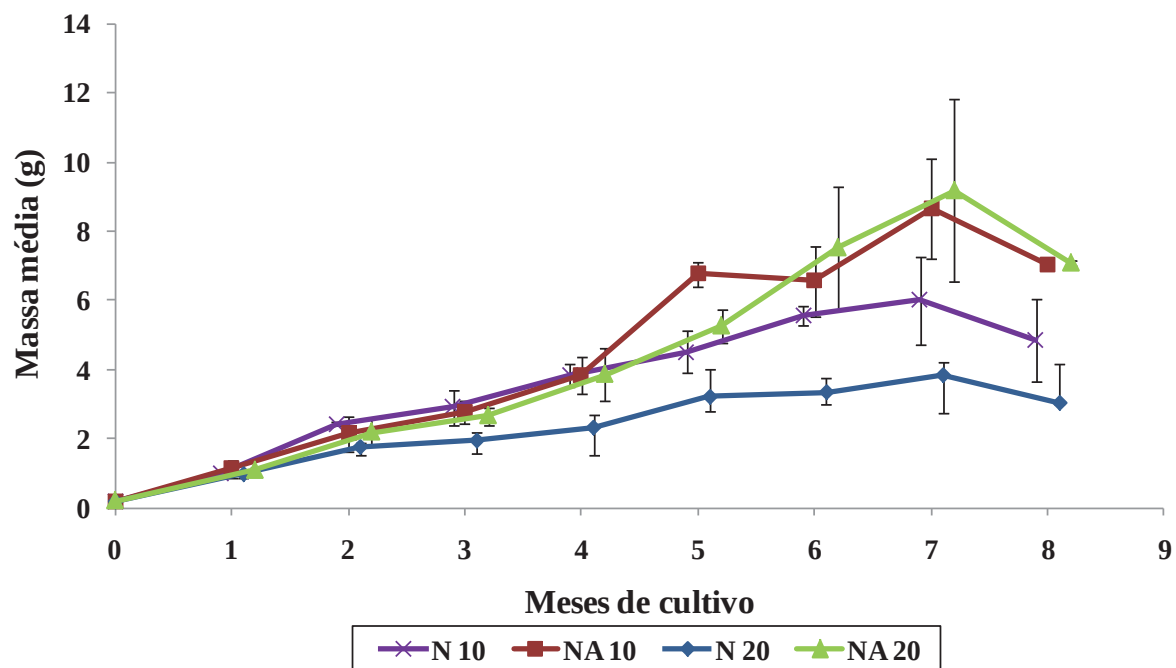


Figura 2. Crescimento do camarão *M. amazonicum* nos diferentes tratamentos. N: alimento natural; NA: alimento natural + alóctone; 10 e 20: densidades de estocagem (indivíduos.m⁻²)

Tabela 2. Médias $\pm$ desvios padrão da massa média mensal do camarão *M. amazonicum* nos diferentes tratamentos.

Alimento	Densidade (ind.m ⁻²)	Meses							
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Tratamentos									
natural	10	0,98 ± 0,11	2,44± 0,03	2,91± 0,50	3,83 ± 0,35	4,51 ± 0,62	5,55 ± 0,28	6,01 ± 1,26	4,84 ± 1,19
natural + alóctone	10	1,13 ± 0,26	2,14 ± 0,50	2,76 ± 0,33	3,85 ± 0,55	6,75 ± 0,35	6,56 ± 1,03	8,67 ± 1,44	7,01 ± 0,03
natural	20	0,98 ± 0,10	1,77 ± 0,26	1,95 ± 0,36	2,33 ± 0,81	3,21 ± 0,41	3,35 ± 0,35	3,84 ± 1,11	3,04 ± 0,06
natural + alóctone	20	1,07 ± 0,12	2,18 ± 0,43	2,66 ± 0,26	3,86 ± 0,76	5,26 ± 0,48	7,53 ± 1,78	9,19 ± 2,66	7,09 ± 0,09
Médias agrupadas por alimento									
natural		0,98 ± 0,09	2,10 ± 0,37	2,43 ± 0,60	3,08 ± 0,91	3,86 ± 0,77 ^B		4,92 ± 1,45 ^B	
natural + alóctone		1,10 ± 0,13	2,16 ± 0,32	2,71 ± 0,21	3,85 ± 0,49	6,01 ± 0,81 ^A		8,93 ± 1,66 ^A	
Médias agrupadas por densidade									
	10	1,06 ± 0,16	2,29 ± 0,27	2,84 ± 0,36	3,84 ± 0,33	5,63 ± 1,30 ^A		7,34 ± 1,78	
	20	1,03 ± 0,11	1,98 ± 0,39	2,30 ± 0,48	3,09 ± 1,09	4,24 ± 1,19 ^B		6,51 ± 3,45	
ANOVA									
Alimento		NS	NS	NS	NS	*	*	*	*
Densidade		NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Interação		NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente. *: significativo ($P \leq 0,05$); NS: não significativo ($P > 0,05$).

A massa média dos camarões na despesca variou entre 3,04 e 7,09 g e diferiu entre os tratamentos (Tab. 3). Para essa variável, observou-se que houve interação entre os fatores alimento e densidade (Tab. 3). Após o desdobramento (Tab. 4), verificou-se que somente na ausência de alimento alóctone houve diferença significativa entre as duas densidades, quanto menor a densidade maior a massa final. Em ambas as densidades (10 e 20 ind.m⁻²) o valor médio de massa média final foi maior na presença de alimento alóctone.

Para a produtividade os fatores avaliados foram independentes, ou seja, não houve interação entre os fatores. Ambos os fatores apresentaram efeito significativo ($P \leq 0,05$). As maiores produtividades foram na presença do alimento alóctone ($520 \pm 175 \text{ kg.ha}^{-1}$) e com 20 ind.m⁻² ($476 \pm 202 \text{ kg.ha}^{-1}$) (Tab. 3).

A sobrevivência média variou de 46% (alimento natural + alóctone - 20 ind.m⁻²) a 56% (alimento natural + alóctone - 10 ind.m⁻²) e não diferiu significativamente entre os tratamentos (Tab. 3).

Tabela 3. Médias $\pm$ desvios padrão da massa média final (MMF), sobrevivência e produtividade dos camarões despescados.

Alimento	Densidade (ind.m⁻²)	MMF (g)	Sobrevivência (%)	Produtividade (kg.ha⁻¹)
<i>Tratamentos</i>				
natural	10	4,84 $\pm$ 1,19	47 $\pm$ 7	236 $\pm$ 24
natural + alóctone	10	7,01 $\pm$ 0,03	56 $\pm$ 17	392 $\pm$ 174
natural	20	3,04 $\pm$ 0,06	50 $\pm$ 5	304 $\pm$ 25
natural + alóctone	20	7,09 $\pm$ 0,09	46 $\pm$ 8	648 $\pm$ 112
<i>Médias agrupadas por alimento</i>				
natural			50 $\pm$ 5	270 $\pm$ 43 ^B
natural + alóctone			51 $\pm$ 13	520 $\pm$ 175 ^A
<i>Médias agrupadas por densidade</i>				
	10		53 $\pm$ 13	314 $\pm$ 116 ^B
	20		48 $\pm$ 7	476 $\pm$ 202 ^A
<i>ANOVA</i>				
Alimento		*	NS	*
Densidade		NS	NS	*
Interação		*	NS	NS

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente. *: significativo ($P \leq 0,05$); NS: não significativo ($P > 0,05$).

Tabela 4 . Desdobramento da interação entre alimento x densidade para massa média final (MMF) (g) dos camarões despescados.

Densidade (ind.m⁻²)	Alimento	
	N	NA
10	4,84 $\pm$ 1,19 Ab	7,01 $\pm$ 0,03 Aa
20	3,04 $\pm$ 0,06 Bb	7,09 $\pm$ 0,09 Aa

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. N: natural; NA: natural + alóctone.

Na figura 3 e tabela 5 foi observada a biomassa média mensal nos viveiros de cultivo. A densidade afetou a biomassa significativamente em todos os meses de cultivo, sendo a maior biomassa na densidade de 20 ind.m⁻², devido ao maior número de animais. Na tabela 5 observou-se que até o 4º mês, o fator alimento não influenciou significativamente a biomassa, ou seja, não houve diferença estatística entre a presença ou a ausência do alimento alóctone neste período. A partir do 5º mês, a biomassa foi influenciada significativamente pelo fator alimento. No 6º e 7º mês aparentemente houve interação entre os fatores alimento e densidade. Porém, nestes meses o desdobramento da interação não foi realizado, porque nos 5 primeiros meses e no 8º mês de cultivo a interação não foi significativa (Tab. 5). Assim, a interação no 6º e 7º mês não foi considerada, tendo em vista que os dados do 8º mês coincidem com os 5 primeiros meses de coleta e são mais fidedignos, já que foi feita a despesca total.

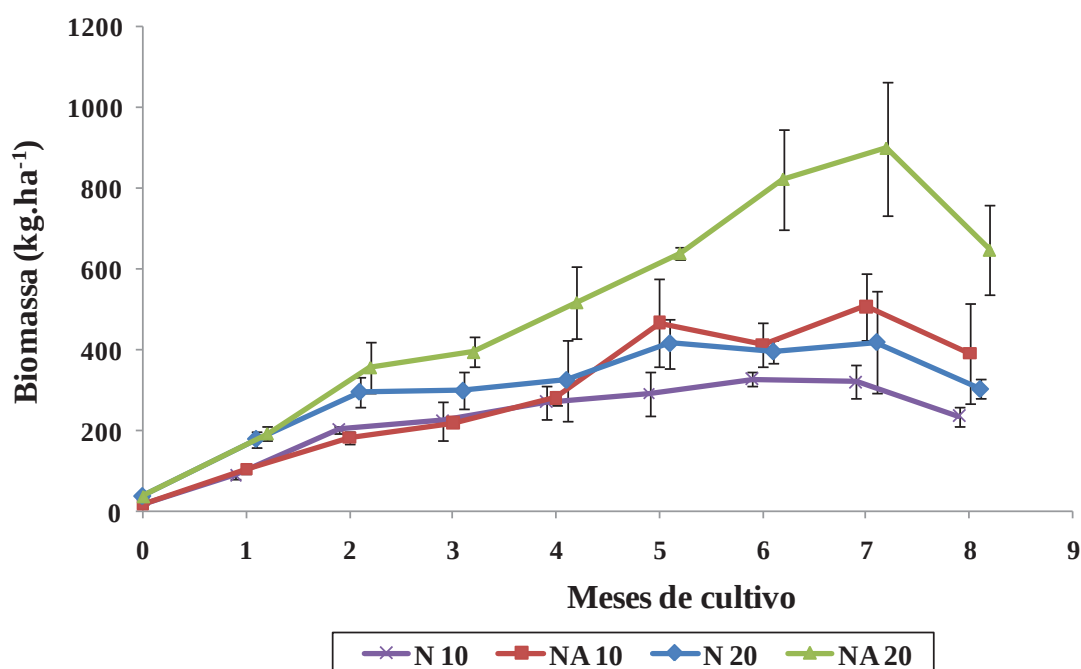


Figura 3. Biomassa média mensal do camarão *M. amazonicum* nos diferentes tratamentos. N: alimento natural; NA: alimento natural + alóctone; 10 e 20: densidades de estocagem (indivíduos.m⁻²).

Tabela 5. Médias $\pm$ desvios padrão da biomassa média mensal do camarão *M. amazonicum* nos diferentes tratamentos.

Alimento	Densidade (ind.m ⁻²)	Meses							
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Tratamentos									
natural	10	91 ± 9	210 ± 48	234 ± 85	280 ± 86	295 ± 57	337 ± 82	323 ± 24	236 ± 24
natural + alóctone	10	100 ± 20	175 ± 29	208 ± 18	268 ± 23	441 ± 77	392 ± 42	480 ± 61	392 ± 174
natural	20	192 ± 11	320 ± 56	322 ± 55	352 ± 121	446 ± 52	427 ± 54	447 ± 115	304 ± 25
natural + alóctone	20	188 ± 13	345 ± 35	383 ± 27	501 ± 57	622 ± 42	806 ± 163	869 ± 107	648 ± 112
Médias agrupadas por alimento									
natural		142 ± 56	265 ± 76	278 ± 80	316 ± 102	371 ± 96 ^B			270 ± 43 ^B
natural + alóctone		142 ± 52	256 ± 101	291 ± 103	378 ± 139	522 ± 122 ^A			520 ± 175 ^A
Médias agrupadas por densidade									
	10	94 ± 14 ^B	188 ± 41 ^B	216 ± 57 ^B	267 ± 56 ^B	358 ± 89 ^B			314 ± 116 ^B
	20	190 ± 11 ^A	332 ± 44 ^A	352 ± 51 ^A	426 ± 117 ^A	534 ± 105 ^A			476 ± 202 ^A
ANOVA									
Alimento		NS	NS	NS	NS	*	*	*	*
Densidade		*	*	*	*	*	*	*	*
Interação		NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente. *: significativo ($P \leq 0,05$); NS: não significativo ($P > 0,05$).

A distribuição de frequência dos camarões na despesca, em classes de massa é apresentada na figura 4. Observou-se que, nos tratamentos com somente alimento natural houve predominância dos animais nas primeiras classes de tamanho, sendo que, na densidade de 20 ind.m⁻² quase 50% dos camarões tinham entre 2 e 2,99 g. Além disso, praticamente não foram observados animais com mais de 8,99 g. Na presença do alimento alóctone a distribuição foi mais uniforme, sendo que a maioria dos indivíduos esteve entre 2 e 8,99 g e foi possível a obtenção de animais com mais de 20,99 g na densidade de 20 ind.m⁻².

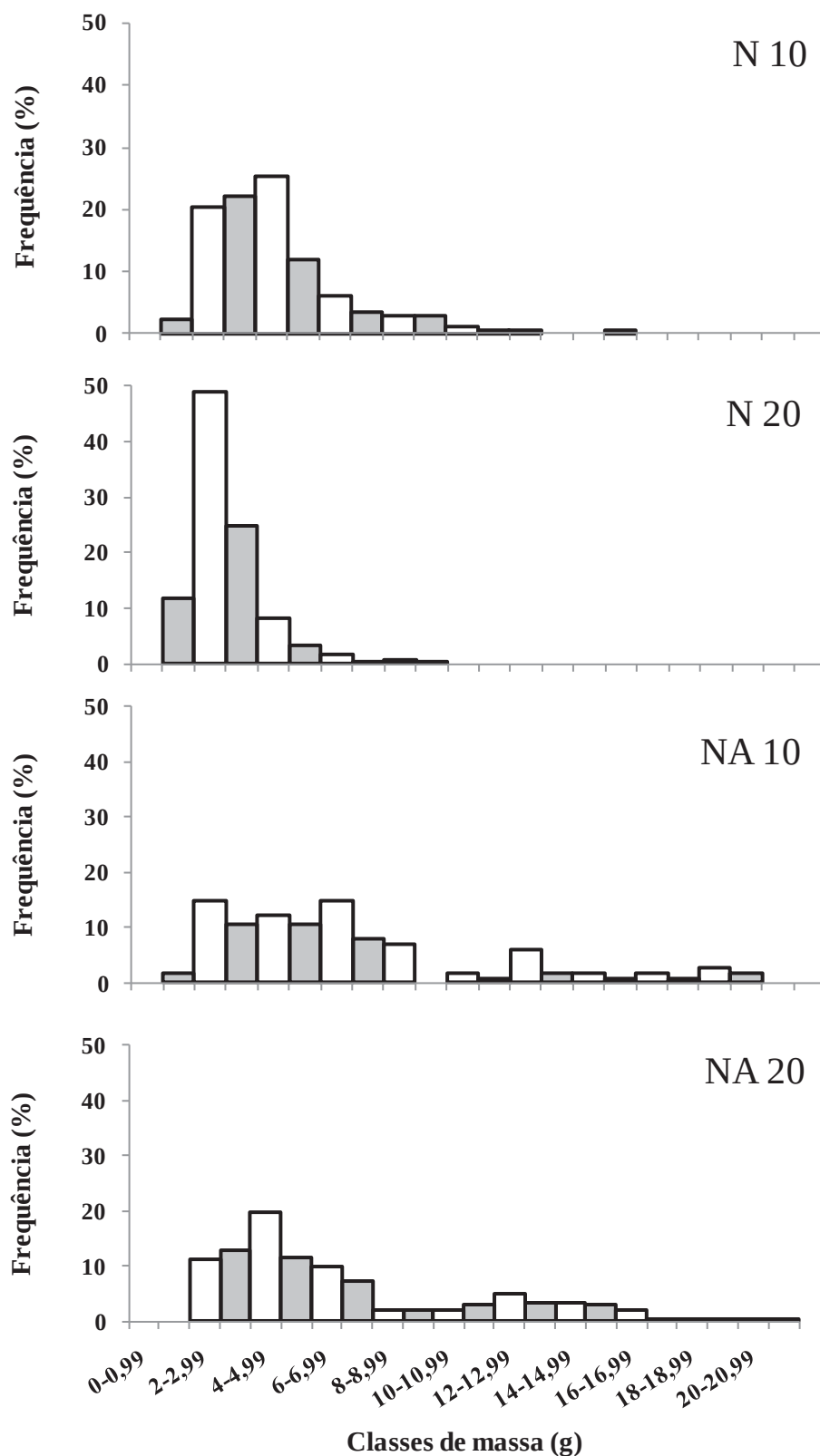


Figura 4. Frequência dos camarões despesados distribuídos em classes de massa em cada tratamento. N: alimento natural; NA: alimento natural + alóctone; 10 e 20: densidades de estocagem (indivíduos.m⁻²).

5.2. Histologia: Estrutura do hepatopâncreas

O hepatopâncreas de *M. amazonicum*, independente do tratamento, ocupa grande parte da cavidade cefalotorácica e está organizado em dois lobos. Esses lobos são formados por uma série de túbulos secretores ou lóbulos hepatopancreáticos (Fig. 5a) que se iniciam em fundo cego. O lúmen dos túbulos corre em direção à abertura do hepatopâncreas no estômago. Dois túbulos secretores adjacentes apresentam entre si o tecido conjuntivo frouxo com células mioepiteliais, que delimitam o espaço hemolinfático, por onde corre hemolinfa (Figs. 5a, b e d).

Para a análise estrutural do hepatopâncreas o fator densidade foi desconsiderado, já que nas duas densidades estudadas (10 e 20 ind.m⁻²) os hepatopâncreas apresentaram características semelhantes, sem nenhuma diferença morfológica na organização celular do epitélio hepatopancreático.

Com relação ao fator alimento, em ambos os tratamentos (alimento natural + alóctone e somente alimento natural) o túbulo secretor está revestido por um epitélio pseudoestratificado que se apóia na membrana basal respectiva (Fig. 5a). Este epitélio consiste de cinco tipos celulares, sendo eles, célula E (indiferenciada) (Fig. 5b), célula F (fibrilar) (Fig. 5c), célula R (reabsortiva) (Fig. 5c), célula B (vesicular) (Fig. 5d) e células M (basal) (Fig. 5b). Nota-se a presença de um sexto tipo celular que exibe características de uma célula atípica, a qual não apresenta característica estrutural de nenhum outro tipo celular (Figs. 5c e d). Esta célula é observada apenas nos túbulos hepatopancreáticos dos animais que receberam somente alimento natural.

O hepatopâncreas de *M. amazonicum* apresentou diferenças na organização celular, dependendo do tratamento analisado. Em animais que receberam alimento alóctone é possível notar uma intensa vacuolização nas células do hepatopâncreas (Fig. 6a), quando comparado às células do hepatopâncreas dos animais que se alimentaram somente de alimento natural (Fig. 6b). Essas diferenças são descritas a seguir. Em animais que

receberam alimento alóctone o tecido conjuntivo entre os túbulos é discreto (Fig. 6a), enquanto que em animais que receberam apenas alimento natural o interstício tubular é espesso, ou seja, com acúmulo de tecido conjuntivo (Figs. 5c e 6b).

As células E, em ambos os tratamentos são cubóides, apresentam núcleo arredondado com vários nucléolos e citoplasma basófilo (Fig. 5b). Por se tratar de uma célula indiferenciada ela é responsável pela divisão mitótica para renovação do epitélio tubular. As células F são cilíndricas ou em formato triangular com ápice arredondado, e são de difícil visualização nos hepatopâncreas dos animais que receberam alimento alóctone (Figs. 7a e c). Já nos animais que utilizaram apenas alimento natural, esta célula apresenta núcleo grande e arredondado, e citoplasma com intensa basofilia quando comparado aos demais tipos celulares (Figs. 7b e d). As células R são cilíndricas, apresentam citoplasma com vacúolos subapicais característicos e núcleo arredondado predominantemente basal (Figs. 7b e d), e foram observadas com maior frequência nos hepatopâncreas dos animais que utilizaram apenas alimento natural.

As células B apresentam formato globular com núcleo basal achatado (Figs. 7a, b, c e d). Seu citoplasma apresenta vacúolos apicais pinocíticos e um grande vacúolo subapical. O vacúolo subapical ocupa a maior parte do citoplasma. Essas células são observadas com maior frequência no hepatopâncreas dos animais que receberam alimento alóctone (Figs. 7a e c), ao contrário dos hepatopâncreas dos animais que utilizaram somente alimento natural (Figs. 7b e d). As células M apresentam formato triangular de ápice arredondado (Fig. 5b). O núcleo basal apresenta vários nucléolos e o citoplasma apresenta intensa basofilia. Essa célula apresenta sua base apoiada na membrana basal e seu ápice não alcança o lúmen do túbulo hepatopancreático, porém é de difícil visualização nos hepatopâncreas dos *M. amazonicum* em ambos os tratamentos.

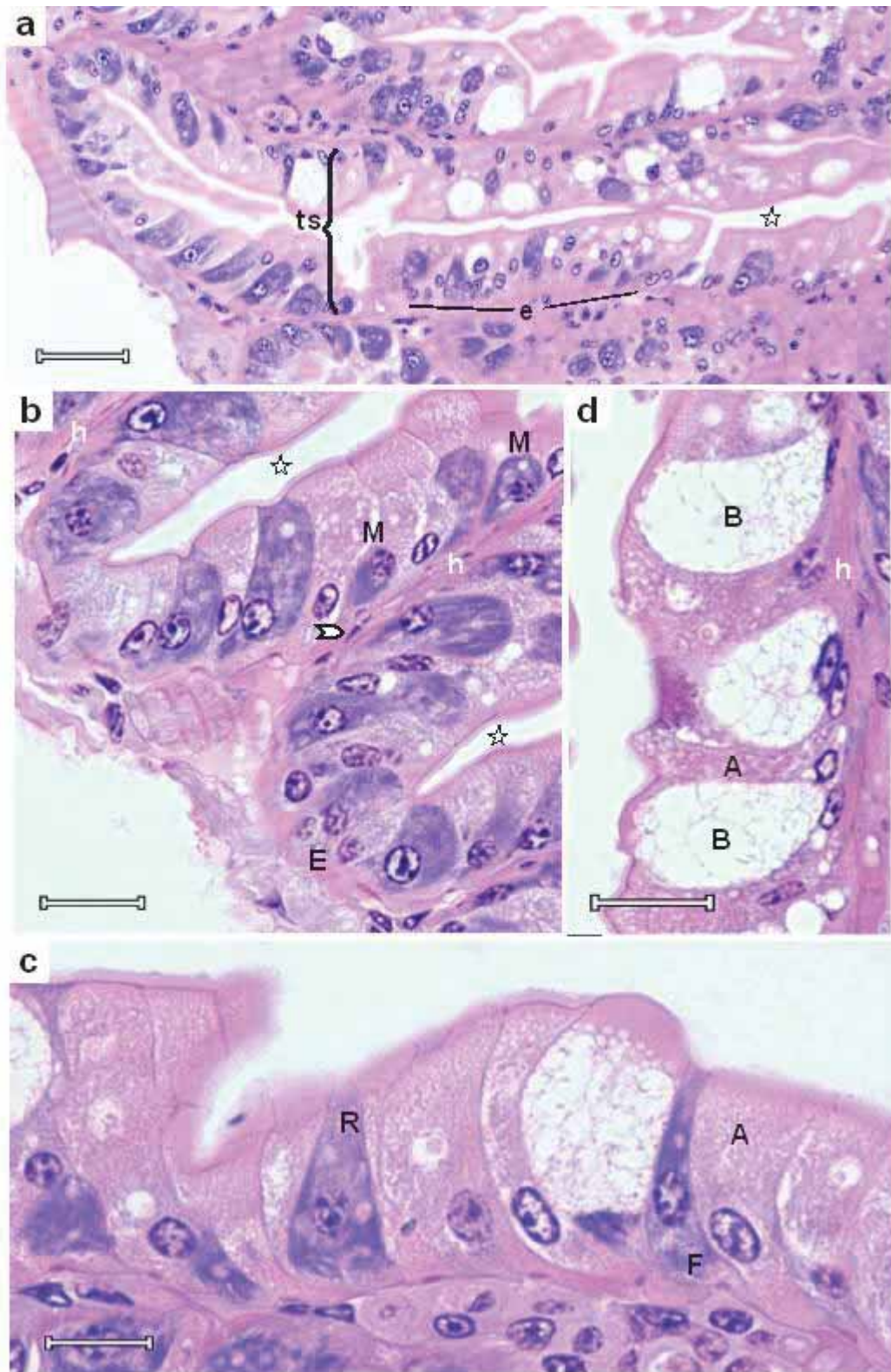


Figura 5. Lóbulos hepatopancreáticos de *M. amazonicum*: Em “a” túbulo secretor (ts) exibindo lúmen (☆) revestido por epitélio pseudoestratificado (e). Em “b” hemolinfa (h) no espaço hemolinfático entre dois túbulos adjacentes, e a presença de células mióides (M); lúmen (☆), e células M (M) e E (E). Em “c” epitélio pseudoestratificado com células R (R), F (F) e célula atípica (A). Em “d” epitélio pseudoestratificado com células B (B), célula atípica (A) e hemolinfa (h). Barras = (a) 60 μm, (b) 30 μm, (c) 20 μm e (d) 20 μm.

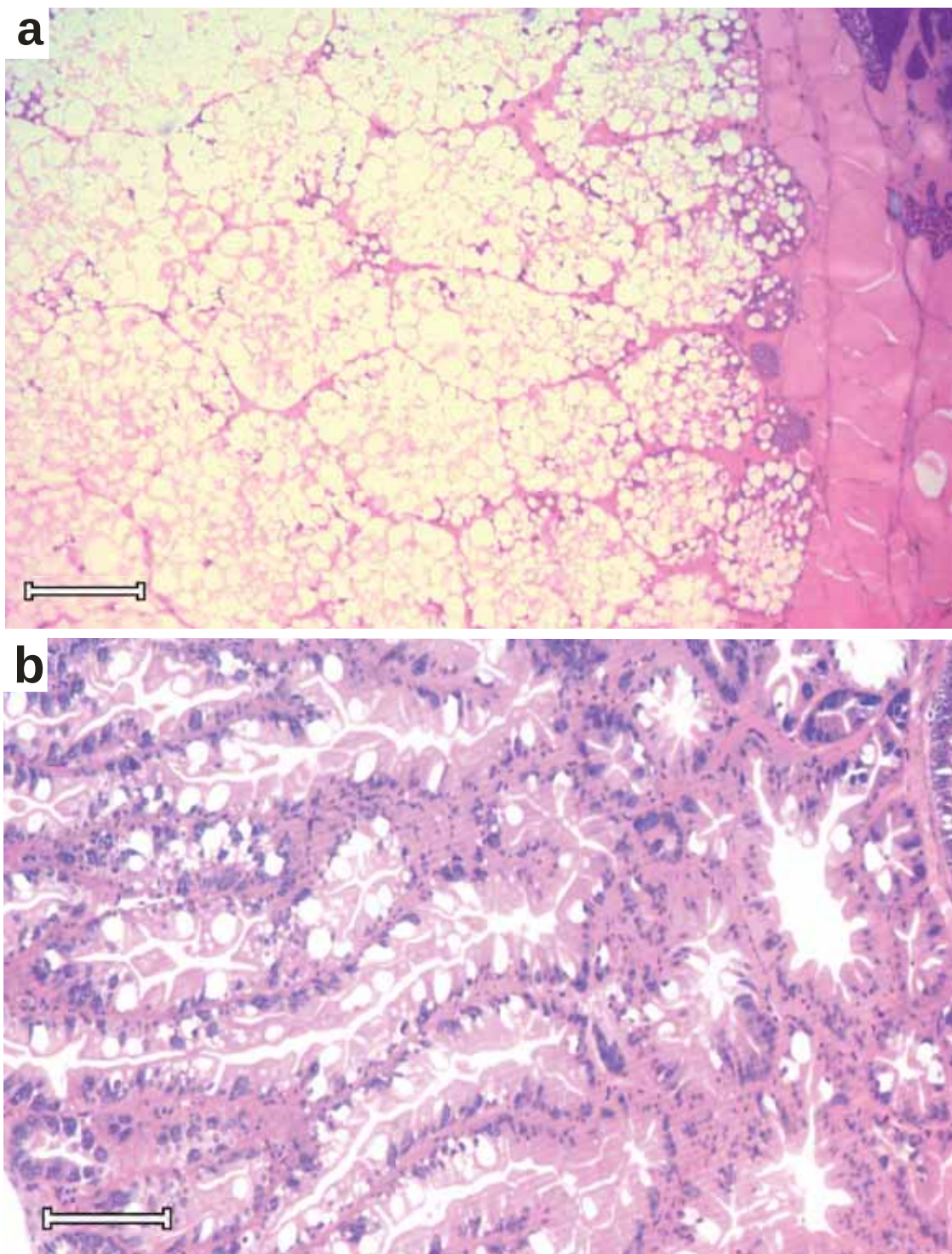


Figura 6. Hepatopâncreas de *M. amazonicum*. Em “a” lóbulos hepatopancreáticos de animais tratados com alimento natural + alóctone. Em “b” lóbulos hepatopancreáticos de animais tratados com alimento natural. Barras = (a) e (b) 200 μ m

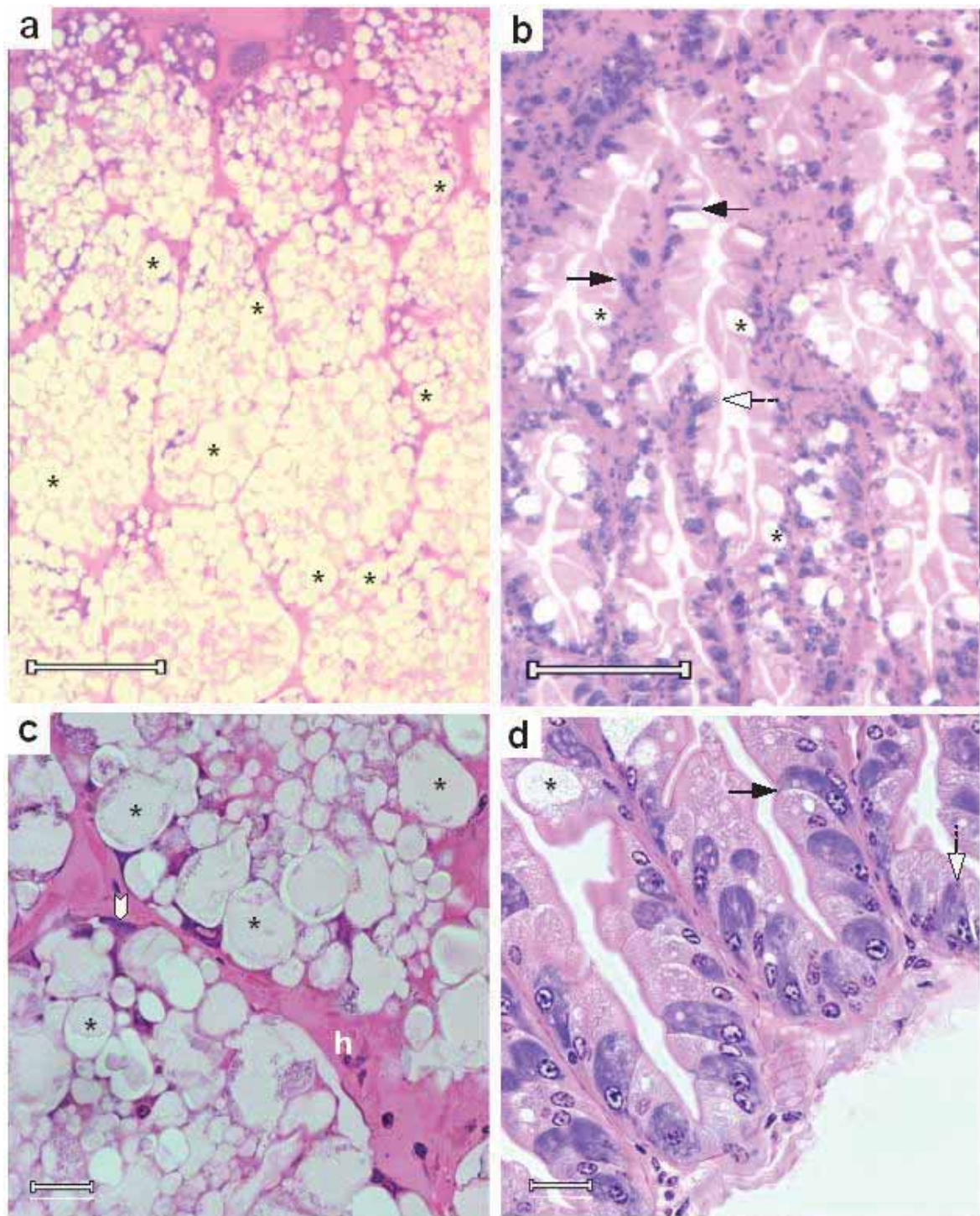


Figura 7. Lóbulos hepatopancreáticos de *M. amazonicum*. Em “a” e “c” animais do tratamento com alimento natural + alóctone e em “b” e “d” animais do tratamento com alimento natural. Em “a” intensa vacuolização das células B (*). Em “b” células F (→), células R (→) e células B (*). Em “c” células B (*), células mióides (↔) e hemolinfa (h). Em “d” células F (→), células R (→) e células B (*). Barras = (a) e (b) 200 μm, (c) e (d) 30 μm.

6. DISCUSSÃO

6.1. Desempenho zootécnico

6.1.1. Variáveis físicas e químicas da água

A produtividade natural de um ambiente aquático é específica do local. Ela não depende apenas da disponibilidade de nutrientes, que pode ser alterada, mas também de condições químicas e físicas do meio (Correia *et al.*, 2003). Essas condições são difíceis ou mesmo impossíveis de serem alteradas ou controladas, tais como temperatura, intensidade de luz, a composição do solo e salinidade da água. As condições gerais de um local têm um profundo efeito sobre as populações microbianas e detriticas que compõem a produtividade natural dos viveiros (Correia *et al.*, 2003). Essa produtividade é uma das principais fontes de nutrientes dos camarões (Tidwell *et al.*, 1997).

Os valores médios das variáveis analisadas estiveram de acordo com o encontrado para cultivo de *M. amazonicum* (Keppeler & Valenti, 2006; Moraes-Riodades *et al.*, 2006; Preto *et al.*, 2010) e, em geral, correspondem aos dados obtidos no habitat natural desta espécie (Maciel & Valenti, 2009). Como não há informação na literatura sobre a faixa adequada das variáveis da água para o cultivo de *M. amazonicum*, também foram usados como referência os valores considerados ideais para *M. rosenbergii*, apresentados por Zimmermann (1998). Tendo como base estes trabalhos, em geral todos os parâmetros no presente trabalho estiveram dentro do ideal para o cultivo da espécie. Somente os valores médios de oxigênio dissolvido e transparência diferiram significativamente entre os tratamentos ($P \leq 0,05$).

A quantidade de oxigênio necessária aos organismos aquáticos é variável e depende principalmente do tamanho do animal, ingestão de alimento, atividade, temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido na água (OD) (Boyd & Zimmermann, 2010). A faixa ótima de OD para a fase de crescimento final de *M. rosenbergii* é de 3-7 mg.L⁻¹

(Zimmermann, 1998). No presente trabalho as médias de OD estiveram entre 4,5-6,5 mg.L⁻¹, portanto foram adequadas para o cultivo. Após a análise estatística verificou-se que o fator alimento afetou o oxigênio dissolvido, ou seja, nos tratamentos com alimento alóctone os valores de oxigênio dissolvido foram mais baixos. Os menores valores de oxigênio encontrados na presença de alimento alóctone devem estar relacionados à maior quantidade de matéria orgânica presente nos viveiros, tendo como consequência a sua decomposição aeróbica levando ao consumo do OD da água (Zimmermann, *et al.*, 2001).

A transparência pode fornecer uma indicação da quantidade de fitoplâncton presente na coluna d'água e, conseqüentemente, da produtividade natural dos viveiros (Valenti, 1989). Neste experimento os valores de transparência estão dentro do esperado para o cultivo de *M. amazonicum*, sugerindo uma quantidade razoável de plâncton no sistema. No entanto, o fator alimento influenciou esta variável, sendo que as menores transparências ocorreram nos viveiros na presença do alimento alóctone. O alimento alóctone possui grandes quantidades de nitrogênio e fósforo (Thakur & Lin, 2002) e a aquicultura não converte de forma eficiente as entradas de energia e matéria em camarão na despesca, ou seja, somente 25-30% do N e P adicionados no sistema são convertidos em camarão na despesca (Boyd & Tucker, 1998; Casillas-Hernández *et al.*, 2006; Boyd *et al.*, 2007). O restante do N e P inserido no sistema é perdido na coluna d'água ou no sedimento do viveiro. Assim, os viveiros apresentam frequentemente mais nutrientes, plâncton, sólidos suspensos e demanda de oxigênio (DBO) do que a água de entrada (Schwartz & Boyd, 1994). No presente trabalho, a adição de alimento alóctone pode ter conduzido a um aumento da quantidade de nutrientes na coluna d'água, resultado da decomposição dos alimentos não consumidos. Visto que a alta concentração desses nutrientes estimula o crescimento do fitoplâncton (Elser *et al.*, 2007) e a presença desse fitoplâncton diminui a transparência da água, a oferta adicional desses nutrientes explica os menores valores de transparência na presença de alimento alóctone.

A temperatura média mensal variou de 20 a 28° C e foi mais baixa nos dois primeiros meses de cultivo, com médias de 20 e 24° C, respectivamente. Para o crescimento ótimo dos camarões a temperatura deve estar entre 29-31° C. Temperaturas inferiores a 14° C e superiores a 35° C são letais, e entre 18-22° C podem dificultar o crescimento (New, 1995). Em experimento realizado em tanques-rede com juvenis de *M. amazonicum* foi observada alta taxa de sobrevivência em animais submetidos a temperaturas inferiores a 20° C (Marques *et al.*, 2010). Isto explica porque a baixa temperatura nos primeiros meses de cultivo não influenciou a sobrevivência dos animais. Ainda, de acordo com Maciel & Valenti (2009), *M. amazonicum* tolera uma ampla variação das principais características físicas e químicas da água, incluindo a temperatura. Entretanto, o recomendado é que o cultivo de *M. amazonicum* seja conduzido nos meses mais quentes do ano, a fim de obter um melhor crescimento.

A amônia é o principal composto nitrogenado excretado pelos crustáceos e também resulta da decomposição da matéria orgânica dos organismos (Boyd & Tucker, 1998). A toxicidade da amônia depende da proporção entre suas formas ionizadas e não ionizadas que, por sua vez, dependem do pH. Portanto, os efeitos tóxicos da amônia variam ao longo de 24 horas. Straus *et al.* (1991) em testes de tolerância à amônia não ionizada em pHs elevados com *M. rosenbergii*, sugeriram que juvenis não devem ser expostos à amônia em pH superior a 9,5. Ainda, quando o pH for superior a 8,5, os níveis de amônia não devem estar acima de 2 mg.L⁻¹. A faixa ótima de pH para o desenvolvimento de *M. rosenbergii* é de 7-8,5 (Boyd & Zimmermann, 2010). Os valores de amônia obtidos no presente trabalho estiveram dentro das faixas adequadas apresentadas por Straus *et al.* (1991) e Boyd & Zimmermann (2010), portanto não prejudicaram o cultivo.

Os dados apresentados neste trabalho referentes às variáveis físicas e químicas da água estiveram dentro da faixa aceitável para o cultivo, uma vez que não influenciaram a

sobrevivência. Porém, a temperatura provavelmente influenciou o crescimento dos *M. amazonicum*. Este fato será discutido posteriormente.

6. 1. 2. Crescimento, sobrevivência e produtividade

O crescimento é o resultado do balanço entre os processos de anabolismo e catabolismo que ocorrem em cada indivíduo (Bertalanffy, 1938). Pode ser representado pelo aumento do comprimento, volume ou peso ao longo do tempo (Hartnoll, 1982). Na aquicultura, é comumente medido pelo ganho de peso (Valenti *et al.*, 2010).

De acordo com Valenti & New (2000), o crescimento de qualquer organismo depende tanto de fatores intrínsecos, típicos da constituição genética de cada população, como extrínsecos, que atuam sobre o indivíduo ao longo do seu desenvolvimento ontogenético. Os fatores extrínsecos que mais interferem no crescimento de crustáceos na aquicultura são: a temperatura (Niu *et al.*, 2003), a quantidade e a qualidade de alimento (Valenti *et al.*, 2010). Camarões de água doce têm demonstrado preferência ao alimento natural quando comparado a certos alimentos artificiais, especialmente quando jovens (New, 1995). No presente trabalho, os camarões cresceram uniformemente até o 4º mês de cultivo nos diferentes tratamentos, sugerindo que até este mês o alimento alóctone não é necessário. Provavelmente durante este período, *M. amazonicum* dá preferência ao alimento natural presente no viveiro, semelhante ao proposto por Schröder (1983) e New (1995). Tidwell *et al.* (1997) verificaram que os *M. rosenbergii* não apresentam diferenças significativas no crescimento até o 2º mês de cultivo em experimento semelhante ao presente trabalho. Este fato indica que *M. amazonicum* suporta um maior período sem a necessidade do alimento alóctone, quando comparado ao *M. rosenbergii*, muito embora o presente trabalho tenha sido realizado em baixas densidades.

No 8º mês de cultivo, a massa individual de *M. amazonicum* diminuiu. Provavelmente, durante as coletas mensais os menores indivíduos não foram capturados

pela rede de arrasto, mesmo presentes no viveiro de cultivo. Isso pode acontecer, por exemplo, devido a uma maior habilidade desses indivíduos para o escape. Além disso, a rede foi passada poucas vezes e com cuidado para não aumentar o estresse dos animais. Deste modo, quando foi realizada a despesca total, todos os animais foram coletados, reduzindo o valor da massa média individual no gráfico.

Com relação a massa média final, *M. amazonicum* cultivados por 8 meses apresentaram valores significativamente maiores nos tratamentos com alimento natural + alóctone. Em contrapartida, Tidwell *et al.* (1997) não encontraram diferenças na massa média final entre os tratamentos (1) alimento natural + alóctone não fertilizado e (2) apenas alimento natural + fertilizante orgânico, para a espécie *M. rosenbergii*. Segundo estes autores, o fertilizante orgânico além de fertilizar o sistema deve ter sido consumido diretamente pelos camarões. No presente estudo, foi encontrada diferença entre os tratamentos, provavelmente porque a utilização de fertilizantes químicos não propiciou o consumo direto pelos camarões, apenas estimulou a produtividade natural do viveiro. Possivelmente, se neste experimento fosse utilizado o manejo de fertilizantes orgânicos, esta diferença significativa não seria encontrada, pois este fertilizante seria utilizado de forma direta pela ingestão e/ou indireta produzindo alimento natural. Além disso, no presente trabalho, os viveiros que receberam alimento alóctone receberam fertilizante químico, resultando em duas entradas de nutrientes.

Os valores de massa média final encontrados neste estudo para camarões alimentados com dieta alóctone cultivados por 8 meses foram de 7,01 e 7,09 g , nas densidades de 10 e 20 ind.m⁻², respectivamente. Moraes-Valenti & Valenti (2007) observaram para a mesma espécie, valores semelhantes (7,0 g em 10 ind.m⁻² e 6,0 g em 20 ind. m⁻²) aos encontrados neste trabalho, em menor tempo de cultivo (5,5 meses). Ainda, Kiyohara (2006) em cultivo longo (7,5 meses) com *M. amazonicum* cultivados em cercados e tanques-rede obteve 10 g na densidade de 20 ind. m⁻². A massa média final de

M. amazonicum no presente trabalho foi inferior aos autores anteriormente citados, provavelmente porque as baixas temperaturas alcançadas nos primeiros meses de experimento podem ter prejudicado o crescimento final destes animais. O *M. amazonicum* é uma espécie tropical (Maciel & Valenti, 2009) e que dentro da faixa ideal de temperatura, quanto maior sua temperatura de cultivo, maior será a taxa de crescimento (Hartnoll, 2001).

Com referência à densidade de estocagem no interior dos viveiros de cultivo, no presente trabalho utilizaram-se as densidades de 10 e 20 ind.m⁻². A massa média final apresentou diferença significativa entre os tratamentos que utilizaram somente alimento natural. Assim, na ausência de alimento alóctone a maior massa média final foi encontrada na menor densidade de estocagem. Provavelmente, a partir do 4º mês na densidade de 20 ind.m⁻², na ausência de alimento alóctone, os organismos bentônicos não foram suficientes para os camarões, causando competição intraespecífica, o que pode explicar o menor crescimento registrado. Segundo Tidwell *et al.* (1997), os principais contribuintes para a nutrição dos camarões em condições de cultivo são os organismos bentônicos. Sabe-se ainda que elevando a densidade populacional no interior do viveiro, pode ocorrer um aumento na competição intraespecífica por recursos como alimento e espaço (Sampaio & Valenti, 1996). Quando um destes recursos é insuficiente, torna-se um fator limitante e o crescimento pode ser reduzido tanto pela falta desse recurso, como pelo aumento de energia gasta causado pelo estresse da competição (Valenti *et al.*, 2010).

A sobrevivência média, ao final dos 8 meses neste cultivo, variou de 46 a 56%, sem diferenças significativas em todos os tratamentos. A taxa de sobrevivência esperada para camarões *Macrobrachium* após um período de 3-5 meses de cultivo é de 40-60% (Wickins & Lee, 2002). Kiyohara (2006) encontrou valores semelhantes em cultivos longos da mesma espécie para camarões cultivados em tanques-rede e cercados. Moraes-Valenti & Valenti (2007) com *M. amazonicum* obtiveram sobrevivência de aproximadamente 70%

durante 5,5 meses de cultivo em viveiros. A maior taxa de sobrevivência obtida por Moraes-Valenti & Valenti (2007) pode ser explicada pelo menor tempo de cultivo, quando comparada aos valores obtidos neste trabalho. Assim como Tidwell *et al.* (1997), no presente trabalho não foi encontrada diferença significativa na taxa de sobrevivência entre os tratamentos, na presença ou na ausência do alimento alóctone, o que sugere uma estratégia de vida da espécie. Esta estratégia deve ser uma tentativa de diminuir a competição intraespecífica na falta de alimentos, diminuindo o crescimento ao invés de aumentar a mortalidade.

Com relação à produtividade, no presente estudo não houve interação entre os fatores densidade e alimento. Porém, quando analisados separadamente, apresentaram diferença significativa. A maior produtividade foi encontrada na presença do alimento alóctone e na densidade mais alta. Quando os animais receberam alimento alóctone, os dados encontrados para esta variável foram de 392 e 648 kg.ha⁻¹, nas densidades de 10 e 20 ind.m⁻² respectivamente. A produtividade é o resultado do crescimento e da sobrevivência em uma determinada área. No presente estudo, não houve diferença significativa entre as sobrevivências. As diferenças nas produtividades provavelmente ocorreram devido ao maior crescimento atingido pelos camarões alimentados com alimento alóctone e pelas maiores densidades de estocagem. Em cultivo de 5,5 meses, Moraes-Riodades (2005) verificou produtividades maiores (508 e 875 kg.ha⁻¹) para as mesmas densidades. As maiores produtividades encontradas por Moraes-Riodades (2005) ocorreram provavelmente porque o tempo de cultivo foi inferior a este trabalho o que gerou uma taxa de sobrevivência maior. Kiyohara (2006) usando cercados e tanques-rede encontrou produtividade de 1313 kg.ha⁻¹ na densidade de 20 ind.m⁻². Esta produtividade pode ser explicada pela maior massa média final obtida pelo autor, já discutida anteriormente. A comparação dos dados encontrados no presente experimento com os de Tidwell *et al.* (1997) merece cuidado porque o *M. rosenbergii* atinge tamanhos maiores que o *M.*

amazonicum. Assim, a diferença de produtividade foi transformada em %. No presente trabalho, as produtividades encontradas na presença de alimento alóctone foram de 60% com 10 ind.m⁻² e 113% com 20 ind.m⁻², maiores do que as produtividades observadas na ausência deste alimento. Considerando apenas o alimento, independente da densidade, Tidwell *et al.* (1997) encontraram na presença de alimento alóctone, produtividade 19% maior que o tratamento com somente alimento natural e fertilizantes. A diferença entre a produtividade dos tratamentos verificada por Tidwell *et al.* (1997) foi menor que a encontrada no presente trabalho. Este fato pode ser explicado pelo fornecimento de fertilizantes orgânicos no tratamento sem alimento alóctone. A presença deste fertilizante, em discussão anterior, propiciou o consumo direto pelos *M. rosenbergii* e consequentemente, um ganho de massa, diminuindo a diferença na produtividade entre os tratamentos com e sem alimento alóctone.

Outra variável de produção analisada neste trabalho foi a biomassa. Considerando um viveiro em um momento específico, a biomassa depende do número e massa dos indivíduos (Valenti & New 2000). Sabe-se que a densidade de estocagem é definida pelo produtor no início do cultivo e depende de suas estratégias de manejo. Quando o cultivo é realizado sem alimento alóctone recomenda-se o uso de baixas densidades. Nestas densidades, os aquicultores podem contar com a produtividade natural dos viveiros para sustentar as taxas de crescimento máximo dos camarões (Tidwell & D' Abramo, 2010), ou seja, neste caso baixas densidades são aquelas em que os indivíduos podem se alimentar exclusivamente do alimento natural presente nos viveiros, sem afetar seu crescimento. No presente experimento, a densidade influenciou diretamente na biomassa em todos os meses de cultivo. A capacidade máxima de biomassa que os viveiros de alimento natural puderam suportar sem prejudicar o crescimento, foi observada no 4º mês, de aproximadamente 280 a 352 kg.ha⁻¹. Já Tidwell *et al.* (1997) verificaram valores menores para *M. rosenbergii* (200 a 250 kg.ha⁻¹) cultivados com alimento natural. Assim, provavelmente *M.*

amazonicum suporta uma maior capacidade de biomassa no viveiro com apenas o fornecimento de alimento natural. Com o objetivo de reduzir o uso de alimento alóctone, mais estudos devem ser realizados com manejo alimentar de *M. amazonicum*, principalmente enfocando o alimento natural e fertilizantes orgânicos. Ainda assim, com os dados apresentados neste trabalho, pode-se sugerir o manejo alimentar bifásico para *M. amazonicum*, ou seja, aplicar apenas fertilizante químico até que a biomassa do viveiro atinja cerca de 300 kg.ha⁻¹. A partir deste momento, é recomendado a combinação do fertilizante químico com fornecimento de alimento alóctone, para que o crescimento dos indivíduos não seja prejudicado.

No presente estudo, outro aspecto importante a ser discutido é a distribuição dos camarões em classes de massa. O alimento alóctone foi o fator que mais influenciou a distribuição de massa dos animais. Nos tratamentos com a presença deste alimento os animais tiveram uma distribuição de massa mais uniforme. Já na ausência do alimento alóctone a maioria dos camarões esteve distribuída nas primeiras classes de tamanho. Além da produção total ser importante, a proporção de camarões com tamanhos adequados para a despesca tem grande efeito sobre a viabilidade comercial (Smith *et al.*, 1978). Segundo Moraes-Riodades (2005) camarões maiores que 7 g atingem um mercado consumidor com um preço mais elevado. Verificou-se no presente experimento que a maior frequência de camarões com massa igual ou superior a 7 g foi encontrada nos tratamentos que receberam alimento alóctone. Já na ausência deste alimento, a maioria dos animais apresentou entre 2-5 g. Este fato mostrou a inviabilidade de cultivo de *M. amazonicum* somente com alimento natural para atingir este mercado diferenciado. Diante da situação analisada, verificou-se que nos tratamentos com alimento alóctone existe um número maior de indivíduos com peso superior a 7 g. Sendo assim, se faz necessária uma análise de viabilidade econômica para verificar se é vantajoso o cultivo de *M. amazonicum* por um período de 8 meses com alimento alóctone. Tendo em vista que a maioria dos indivíduos, independente do

tratamento, apresentou distribuição entre 2-6 g, esta mesma análise econômica vai avaliar o cultivo de *M. amazonicum* sem o uso de alimento alóctone ou com a utilização parcial deste, como o sugerido anteriormente.

6. 2. Histologia: Estrutura do hepatopâncreas

Em *M. amazonicum* o lóbulo hepatopancreático está circundado por tecido conjuntivo frouxo que delimita os sinusóides hemolinfáticos. Esses sinusóides ocupam a maior parte do espaço intertubular. Este padrão morfológico semelhante foi observado em vários decápodes (Al-Mohanna et al., 1985a, b; Al-Mohanna & Nott, 1987 a, b; 1989; Icely & Nott, 1992; Sousa & Petriella, 2000). Em *M. amazonicum* que receberam alimento alóctone este padrão morfológico do espaço intertubular foi mantido. Porém, observou-se alteração no padrão do tecido conjuntivo frouxo para animais que receberam apenas alimento natural. Nesses animais, o interstício tubular apresentou-se mais dilatado com células mioepiteliais mais evidentes. Essa alteração do interstício nos animais que receberam apenas alimento natural provavelmente deve-se ao fato do epitélio tubular apresentar menor demanda digestória, conforme será discutido a seguir.

Considerando que no processo digestório as células F se transformam em células B, e estas últimas realizam a digestão intracelular, o produto final da digestão, ou seja os nutrientes, são transferidos para a hemolinfa e os metabólitos permanecem na célula B na forma de corpo residual. Assim, esta célula, como descrita em outras espécies, se destaca do epitélio (Icely & Nott, 1992; Franceschini-Vicentini, 2011) e é eliminada com as fezes (Icely & Nott, 1992). Nos animais que utilizaram somente o alimento natural, o perfil celular do hepatopâncreas não mostra intenso processo digestório, pois muitas células não apresentam características específicas de nenhum tipo celular (células atípicas). Consequentemente, um número reduzido de células B se destacam do epitélio para

eliminar os excretas da digestão intracelular. Desta forma, a demanda de reposição celular é baixa e raramente se observa mitose nas células E.

Nos animais do tratamento que usaram apenas alimento natural, as células R, F e B mostraram as maiores alterações. Segundo Icely & Nott (1992), a inanição afeta profundamente as características das células R, principalmente no que se refere aos estoques de lipídio e glicogênio. As células R dos animais que receberam apenas alimento natural raramente apresentaram indícios de lipídio no citoplasma, concordando com o proposto por Vogt *et al.* (1985) e Icely & Nott (1992). Ainda, o desaparecimento da vacuolização lipídica do citoplasma das células do hepatopâncreas foi associado à inanição por Ostaszewska *et al.* (2006) em juvenis do peixe Tenca (*Tinca tinca*). A alteração dessas células pode ser explicada pela menor ingestão de alimento natural ao final de 8 meses. Provavelmente, a diminuição da ingestão do alimento natural disponível nos viveiros não propiciou o acúmulo de reserva energética nas células R. Sugere-se então, que estes animais tenham sido submetidos a um estresse alimentar, confirmado com os dados de menor crescimento. Segundo Steffens (1989), a fome afeta a atividade metabólica e processos essenciais são mantidos durante a inanição à custa da energia interna, resultando em menor crescimento.

No ciclo digestório de camarões, as células F e B são estágios diferentes da mesma célula (Al-Mohanna *et al.*, 1985a; Franceschini-Vicentini, 2011). Segundo a literatura especializada as células F sintetizam enzimas digestivas e as células B acumulam produtos que serão eliminados na digestão (Icely & Nott, 1992). No presente experimento, nos hepatopâncreas dos *M. amazonicum* que receberam apenas alimento natural o número de células B observado foi muito baixo. Este fato favorece a identificação das células F com maior facilidade. Al-Mohanna & Nott (1989) postularam que o número de células B ao longo do túbulo hepatopancreático é inversamente proporcional ao número de células F. Com base nas afirmações acima, verificou-se no presente estudo, que de fato quando se

identifica um número muito alto de células B, identifica-se um número muito baixo de células F, como nos animais que receberam alimento alóctone. Já nos animais que receberam apenas alimento natural, verificou-se um número menor de células B acompanhado de células F, concordado com o proposto por Al-Mohanna & Nott (1989). Além disso, no presente estudo sugere-se que o número de células B presentes no hepatopâncreas seja diretamente proporcional à oferta de alimento.

As células M são conhecidas pela acumulação contínua de material orgânico denso (Al-Mohanna *et al.*, 1985b; Al-Mohanna & Nott, 1987a), além de serem responsáveis pela estocagem de proteína no hepatopâncreas (Al-Mohanna *et al.*, 1985b). Segundo Al-Mohanna & Nott (1989) esta célula está relacionada com as fases de pré e pós muda, quando podem ser observadas com frequência. Nestes períodos, o animal cresce antes da carapaça se formar novamente e, devido à sua vulnerabilidade, não se alimenta. Assim, esta célula apresenta função importante no processo digestório durante o ciclo de muda. Nesta fase a célula M é facilmente identificada, porém no presente estudo não se avaliou nenhum parâmetro especificamente durante um ciclo de muda.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Devido ao baixo crescimento apresentado pelos camarões, não é recomendado o cultivo de *Macrobrachium amazonicum* na região sudeste por um período de oito meses, já que durante este tempo necessariamente os animais são submetidos à temperaturas baixas, devido às estações do ano.

2. Aos 8 meses de cultivo, com apenas o alimento natural presente no viveiro, os animais foram submetidos a um período de estresse alimentar, semelhante a inanição. Os túbulos hepatopancreáticos exibiram células com pouca vacuolização, além de um tipo celular atípico, com sugestão de pouca demanda digestiva.

3. A espécie *M. amazonicum* prefere o alimento natural presente nos viveiros até o 4º mês de cultivo, após este período estes animais dão prioridade ao alimento alóctone.

4. Sugere-se o manejo alimentar bifásico para *M. amazonicum*, aplicando somente fertilizantes químicos até que a biomassa do viveiro atinja em torno de 300 kg.ha⁻¹

¹. A partir deste momento, é recomendada a fertilização e o fornecimento de alimento alóctone, para que o crescimento dos indivíduos não seja prejudicado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MOHANNA, S.Y.; NOTT, J.A. & LANE, D.J.W. 1985a. Mitotic E- and secretory F-cells in the hepatopancreas of the shrimp *Penaeus semisulcatus* (Crustacea:Decapoda). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 65. p. 901-910.
- AL-MOHANNA, S. Y.; NOTT, J. A. & LANE, D. J. W. 1985b. M-"midget" cells in the hepatopancreas of the shrimp *Penaeus semisulcatus* de Haan 1844 (Crustacea: Natantia). *Crustaceana*, 48. p. 260-268
- AL-MOHANNA, S. Y. & NOTT, J. D. 1987a. M-"midget" cells and the moult cycle in *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 67. p. 803-813.
- AL-MOHANNA, S.Y. & NOTT, J. D. 1987b. R-cells and the digestion cycle in *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda). *Marine Biological*, 95. p. 129-137.
- AL-MOHANNA, S. Y. & NOTT, J. D. 1989. Function citology of the hepatopancreas of *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda) during the moult cycle. *Marine Biological*, 101. p. 535-544.
- ARANA, L. V. 1999. *Aquicultura e desenvolvimento sustentável*. Florianópolis. Editora da UFSC. 310p.
- BARKER, P. L. & GIBSON, R. 1977. Observations on the feeding mechanism, structure of the gut and digestive physiology of the European lobster *Homarus gammarus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 26. p. 297-324.
- BARKER, P. L. & GIBSON, R. 1978. Observations on the structure of the mouthparts, histology and alimentary tract, and digestive physiology of the mud crab *Scylla*

- serrata* (Forskal) (Decapoda: Portunidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 32. p. 177–196.
- BERTALANFFY, L. VON. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10. p. 181-213.
- BIALETZKI, A.; NAKATANI, K.; BAUMGARTNER, G. & BOND-BUCKUP, G. 1997. Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae) in Leopoldo's inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Paraná river, Porto Rico, Paraná, Brazil. *Revista brasileira de Zoologia*, 14 (2). p. 379-390.
- BOYD, C. E. & TEICHERT-CODDINGTON, D. 1992. Relationship between wind speed and reaeration in small aquaculture ponds. Amsterdam. *Aquacultural Engineering*, 11. p. 121-131.
- BOYD C. E. & TUCKER C. S. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Academic, Boston, MA, USA, 700p.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K. & CLAY, J. 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15. p. 327-360.
- BOYD, C. E. & ZIMMERMANN, S. 2010. Grow-out Systems - Water Quality and Soil Management. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R. & KUTTY, M. N. (ed.) *Freshwater prawns: biology and farming*. Oxford, Wiley-Blackwell. p. 239-255.
- CASILLAS-HERNÁNDEZ, R.; MAGALLÓN-BARAJAS, F.; PORTILLO-CLARCK, G. & PÁEZ-OSUNA, F. 2006. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. *Aquaculture*, 258. p. 289-298.

- CORRÊA Jr., J. D.; FARINA, M. & ALLODI, S. 2002. Cytoarchitectural features of *Ucides cordatus* (Crustacea Decapoda) hepatopancreas: structure and elemental composition of electron-dense granules. *Tissue & Cell*, 34 (5). p. 315-325.
- CORREIA, E. S. 1998. Influência da alimentação natural no cultivo semi-intensivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 136p.
- CORREIA, E. S.; PEREIRA, J. A.; SILVA, A. P.; HOROWITZ, A. & HOROWITZ, S. 2003. Growout of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in fertilized ponds with reduced levels of formulated feed. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34. p. 184-191.
- DAVANT, P. 1963. *Clave para la identificación de los camarones marinos y de río con importancia económica en el oriente de Venezuela*. Cumana: Instituto Oceanografico/ Universidade de Oriente. 113p.
- ELSER, J. J.; BRACKEN, M. E. S.; CLELAND, E. E.; GRUNER, D. S.; HARPOLE, W. S.; HILLEBRAND, H.; NGAI, J. T.; SEABLOOM, E. W.; SHURIN, J. B. & SMITH, J. E. 2007. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary production in freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 10. p. 1135-1142.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. FIGIS – Fisheries Statistics: Global Aquaculture Production: online query. FAO, Roma (disponível em: <http://www.fao.org>).
- FRANCESCHINI-VICENTINI, I. B.; RIBEIRO, K.; PAPA, L. P.; MARQUES JUNIOR, J.; VICENTINI, C. A. & VALENTI, P. M. C. M. 2009. Histoarchitectural features of the hepatopancreas of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. *International Journal of Morphology*, 27 (1). p. 121-128.

- FRANCESCHINI-VICENTINI, I. B. 2011. Ciclo celular no hepatopâncreas do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. Tese de Livre-Docente na Disciplina de Histologia. Departamento de Ciências Biológicas da UNESP. Bauru, SP. 108p.
- GIBSON, R. & BARKER, P. L. 1979. The decapod hepatopancreas. *Oceanography Marine Biology: an annual review*, 17. p. 285-346.
- HARTNOLL, R. G. 1982. Growth. In *The Biology of Crustacea*, Vol 2. Embriology, morphology and genetics. Academic Press New York. p.111-196.
- HARTNOLL, R. G. 2001. Growth in Crustacea - twenty years on. *Hydrobiologia*, 449. p. 111-122.
- HOPKIN, S. P. & NOTT, J. A. 1979. Some observations on concentrically, intracellular granules in the hepatopancreas of the shore crab *Carcinus maenas* (L.). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 59. p. 867-877.
- ICELY, J. D. & NOTT, J. A. 1992. Digestion and Absorption: digestive system and associated organs. *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, 10: Decapod Crustacea. p. 147-201.
- KEPPELER, E. C. & VALENTI, W. C. 2006. Effects of selective harvest of the amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*, on pond water, sediment and effluent. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18 (2). p. 109-119.
- KIYOHARA, F. 2006. Cultivo de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) em cercados e em tanques-rede durante a fase de berçário e a fase de crescimento final & cultivo de *Macrobrachium potiuna* (Muller, 1880) em laboratório (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo USP, São Paulo, 190p.
- KUTTY, M. N.; HERMAN, F. & LE MEN, H. 2000. Culture of other prawn species. In: NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (ed.) *Freshwater prawn culture: The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science. p. 393-410.

- LOIZZZI, R. F. 1971. Interpretation of crayfish hepatopancreatic function based on fine structural analysis of epithelial cell lines and muscle network. *Z. Zellforsch. mikrosk. Anat*, 113. p. 420–440.
- MACIEL, C. R. & VALENTI, W. C. 2009. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. *Nauplius*, 17 (2). p. 61-29.
- MADRID, R. M. M. & PHILLIPS, H. 2000. Post-harvest handling and processing. In: NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (ed.) *Freshwater Prawn Farming: The Farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science. p. 326-344.
- MARQUES, H. L. A.; LOMBARDI, J. V.; MALLASEN, M.; BARROS, H. P. & BOOCK, M. V. 2010. Stocking densities in cage rearing of Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) during nursery phases. *Aquaculture*, 307. p. 201–205.
- MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; PORCHAS-CORNEJO, M. A.; VILLARREAL-COLEMNARES, H.; CALDERON-PEREZ, J. A. & NARANJO-PARAMO, J. 1998. Evaluation of three feeding strategies on the culture of white shrimp *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) in low water exchange ponds. *Aquacultural Engineering*, 17. p. 21-28.
- MORAES-RIODADES, P. M. C. 2005. Cultivo do camarão-da-amazônia. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em diferentes densidades: fatores ambientais, biologia populacional e sustentabilidade econômica. Tese de Doutorado. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 117p.
- MORAES-RIODADES, P. M. C. & VALENTI, W. C. 2001. Freshwater prawn farming in Brazilian Amazonia shows potential for economic, social development. *Global Aquaculture Advocate*, 4 (5). p. 73-74.

- MORAES-RIODADES, P. M. C.; KIMPARA, J. M. & VALENTI W. C. 2006. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18 (3). p. 311-319.
- MORAES-VALENTI, P. M. C. & VALENTI, W. C. 2007. Effect of intensification on grow out of the amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38 (4). p. 516-526.
- NEW, M. B. 1995. Status of freshwater prawn farming: a review. *Aquaculture Research* 26. p. 1-54.
- NEW, M. B. 2000. History and global status of freshwater prawn farming. In: NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (ed.). *Freshwater Prawn Farming: The Farming of Macrobrachium rosenbergii*. Londres, Blackwells. p. 01-11
- NEW, M. B. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and glance at the future. *Aquaculture Research*, 36. p. 210-230.
- NEW, M. B.; D'ABRAMO, L. R.; VALENTI, W. C. & SINGHOLKA, S. 2000. Sustainability of freshwater prawn culture. In: NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (ed.). *Freshwater prawn farming: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford. Blackwell Science. p. 429-443.
- NEW, M. B. 2010. History and Global Status of Freshwater Prawn Farming. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R. & KUTTY, M. N. (ed.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Oxford, Wiley-Blackwell. p. 1-11.
- NIU, C.; LEE, D.; GOSHIMA, S. & NAKAO, S. 2003. Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) postlarvae. *Aquaculture Research*, 34. p. 501-506.
- ODINETZ-COLLART, O. 1987. La pêche crevettière de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins après la fermeture du barrage de Tucuruí. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20 (2). p. 131-144.

- ODINETZ-COLLART, O. & MOREIRA, L. C. 1993. Potencial pesqueiro do camarão *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro). *Amazoniana, Manaus*, 12 (3/4). p. 399-413.
- OSTASZEWSKA, T.; KORWIN-KOSSAKOWSKI, M. & WOLNICKI, J. 2006. Morphological changes of digestive structures in starved tench *Tinca tinca* (L.) juveniles. *Aquaculture International*, 14. p.113–126
- PAPATHANASSIOU, E. & KING, P. E. 1984. Effects of starvation on the fine structure of the hepatopancreas in the common prawn *Palaemon serratus* (Pennant). *Compendium of Biochemistry and Physiology*, 77A. p. 243-249.
- PETTOVELO, A. D. 1996. First record of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) in Argentina. *Crustaceana*, 69. p. 113-114.
- PRETO, B. L.; PIZZATO, G. M. & VALENTI, W. C. 2008. Uso de bandejas de alimentação na fase de engorda do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. *Boletim do Instituto de Pesca*, 34 (1). p. 125-131.
- PRETO, B. L.; KIMPORA, J. M.; MORAES-VALENTI, P. M. C. & VALENTI, W. C. 2010. Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. *Aquaculture*, 307. p. 206-211
- RHODES, R. J. 2000. Economics and Business Management. In: NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (ed.). *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science. p. 369-392.
- SAMPAIO, C. M. & VALENTI, W. C. 1996. Growth for *Macrobrachium rosenbergii* in semi-intensive culture in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27 (3). p.353-358.
- SANTANA, W. M. 2006. Utilização de fertilizantes orgânicos para indução de alimento natural no cultivo do camarão nativo *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade

Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 41p.

- SCHRÖEDER, G. L. 1983. Sources of fish and prawn growth in polyculture ponds as indicated by δC analysis. *Aquaculture*, 35. p. 29-42.
- SCHWARTZ, M. F. & BOYD, C. E. 1994. Channel catfish pond effluents. *Progressive Fish-Culturist*, 56. p. 273-281.
- SILVA, U. L.; CAMPOS, S. S. & CORREIA, E. S. 2008. Efeitos de fertilizantes orgânicos e inorgânicos na abundância de macro e meio bentos e na qualidade da água do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931). *Atlântica*, 24 30 (1). p. 23-33.
- SOLORZANO, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14. p. 799-801.
- SOUSA, L. G. & PETRIELLA, A. M. 2000. Histology of the hepatopancreas of the freshwater prawn *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Caridea). *Biocell*, 24 (3). p. 189-195.
- SOUZA, F. M. M. C. 2007. Indução do alimento natural através de diferentes regimes de fertilização no cultivo do camarão marinho *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967). Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 68p.
- SMITH, T. I. J.; SANDIFER, P. A. & SMITH, M. H. 1978. Population structure of Malaysian prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, (de Man) reared in earthen ponds in South Carolina, 1974-1976. *Proceedings of the World Mariculture Society*, 9. p. 21-38.
- STEFFENS, W. 1989. Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood, New York. p. 139-145.
- STORCH, V. & ANGER, K. 1983. Influence of starvation and feeding on the hepatopancreas of larval *Hyas araneus* (Decapoda: Majidae). In: ICELY, J. D. & NOTT, J. A. Digestion and Absorption: digestive system and associated organs.

Microscopic Anatomy of Invertebrates Volume 10: Decapod Crustacea. p. 147-201, 1992.

- STORCH V.; JUARIO, J. V. & PASCUAL, P. F. 1984. Early effects of nutritional stress on the liver of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal), and on the hepatopancreas of the tiger prawn, *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquaculture*, 36. p. 229–236.
- STRAUS, D. L.; ROBINETTE, H. R. & HEINEN, J. M. 1991. Toxicity of un-ionized ammonia and high pH to post-larval and juvenile freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22. p. 128-133.
- STRUS, J. 1987. The effects of starvation on the structure and function of the hepatopancreas in the isopod *Ligia italica*. *Investigacion Pesquera*. 51 (1). p. 50-514.
- TACON, A. G. J. & DE SILVA, S. S. 1997. Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. *Aquaculture*, 15 (1). p. 379-404.
- THAKUR, D. P. & LIN C. K. 2002. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems, *Aquacultural Engineering*, 27. p. 159- 176.
- TIDWELL, J. H.; COYLE, S. D.; WEBSTER, C. D.; SEDLACEK, J. D.; WESTON, P. A.; KNIGHT, W. L.; HILL JR, S. J.; D'ABRAMO, L. R.; DANIELS, W. H. & FULLER, M. J. 1997. Relative prawn production and benthic macroinvertebrate densities in unfed, organically fertilized, and fed pond systems. *Aquaculture*, 149. p. 227–242.
- TIDWELL, J. H. & D' ABRAMO, L. R. 2010. Grow-out Systems—Culture in Temperate Zones. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R. & KUTTY, M. N. (ed.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Oxford, Wiley-Blackwell, p. 180-193.
- VALENTI, W. C. 1989. Efeitos da densidade populacional sobre o cultivo do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) no norte do Estado de São Paulo:

- análise quantitativa (Crustacea, Palaemonidae). Tese de doutorado. Instituto de Biociências, USP. São Paulo, USP. 132p.
- VALENTI, W. C. 1993. Freshwater prawn culture in Brazil. *World Aquaculture*, 24 (1). p. 29-34.
- VALENTI, W. C. 1996. *Criação de Camarões em Águas Interiores*. São Paulo, FUNEP, 81p.
- VALENTI, W. C. 2000. Introdução. In: VALENTI, W. C.; PEREIRA, J. A.; BORGUETTI, J. R. (ed.). *Aquicultura do Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: MCT/CNPq. p. 25-32.
- VALENTI, W. C. 2002. Situação Atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água doce. In: Congresso de Aquicultura. XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Campus II da Escola de Agronomia/ UFG. Anais. Goiânia, ABRAQ. p. 99-106.
- VALENTI, W. C. 2007. Brazil's Inland Aquaculture: freshwater fish dominate production. *Global Aquaculture Advocate*, 10 (3). p. 30-32.
- VALENTI, W. C. & MORAES-RIODADES, P. M. C. 2004. Freshwater prawn farming in Brazil. *Global Aquaculture Advocate, Saint Louis*, 7 (4). p.52-53.
- VALENTI, W. C. & NEW, M. B. 2000. Grow-out systems: monoculture. In: NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (ed.). *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science Limited. p. 157-176.
- VALENTI, W. C. & TIDWELL, J. H. 2006. Economics and management o freshwater prawn culture in Western Hemisphere. In: LEUNG, P. S & ENGLE, C. (ed.) *Shrimp Culture: Economics, Market and Trade*. Blackwell Publish, Oxford, 335 p. p. 261-276.
- VALENTI, W. C.; NEW, M. B.; SALIN, K. R. & YE, J. 2010. Grow-out Systems: Monoculture. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO,

- L. R. & KUTTY, M. N. (ed.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Oxford, Wiley-Blackwell. p. 154-179.
- VOGT, G. 1985. Histologie und Cytologie der Mitteldarmdrüse von *Penaeus monodon* (Decapoda). *Zoologische Anzeiger. Jena*, 215. p. 61-80.
- VOGT, G. 1993. Differentiation of B-cells in the hepatopancreas of the prawn *Penaeus monodon*. *Acta Zoologica*, 74. p. 51-60.
- VOGT, G. 1994. Life-cycle and functional cytology of the hepatopancreas cells of *Astacus astacus* (Crustacea, Decapoda). *Zoomorphology*, 114. p. 83-101.
- VOGT, G.; STOCKER, W.; QUINTIO, E. T. & PASCUAL, F. P. 1985. Midgut gland as monitor organ for nutritional value of diets in *Penaeus monodon* (Decapoda). *Aquaculture*, 48. p. 1-12.
- ZIMMERMANN, S. 1998. Manejo da fase de crescimento final. In: VALENTI, W. C. (ed.). *Carcinicultura de água doce*. Brasília: IBAMA. p. 191-216.
- ZIMMERMANN, S.; MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L. & RIBEIRO, R. P. 2001. *Fundamentos da moderna aquicultura*. Ed. ULBRA, Canoas, RS. 199 p.
- WICKINS, J. F. & LEE, D. O. 2002. *Crustacean Farming: ranching and culture*, 2a. ed. Oxford, Blackwell Science Ltd., 446p.
- WILLIS, S. A. & BERRIGAN, M. E. 1977. Effects of stocking size and density on growth and survival of *Macrobrachium rosenbergii* de Man in ponds. *Proceedings of the World Mariculture Society*, 8. p. 251-264.