

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito da diversidade de habitats sobre o
desenvolvimento populacional do camarão-
da-amazônia**

Michéle Roberta dos Santos

Jaboticabal, SP
2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito da diversidade de habitats sobre o
desenvolvimento populacional do camarão-
da-amazônia**

Mestrando: Michéle Roberta dos Santos

Orientador: Dr. Wagner Cotroni Valenti

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Aquicultura do Centro de
Aquicultura da UNESP –
CAUNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre.

Jaboticabal, SP

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
REITORIA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Efeito da diversidade de habitats sobre o desenvolvimento populacional do camarão-da-amazônia

AUTORA: MICHELLE ROBERTA DOS SANTOS
ORIENTADOR: Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI

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


Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI
Coordenadoria de Curso / Unidade do Litoral Paulista


Profa. Dra. JACY LEA PECORA
UNESP, Câmpus do Litoral Paulista, Unidade de São Vicente, São Vicente-SP


Prof. Dr. FÁBIO ROSA SUSSEL
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA, Pirassununga-SP

Data da realização: 25 de fevereiro de 2014.

Santos, Michéle Roberta
S237e Efeito da diversidade de habitats sobre o desenvolvimento
populacional do camarão-da-amazônia / Michéle Roberta dos Santos.
-- Jaboticabal, 2014
iv, 44 p.; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro
de Aquicultura, 2014

Orientador: Wagner Cotroni Valenti

Banca examinadora: Iracy Lea Pecora, Fábio Rosa Sussel

Bibliografia

1. *Macrobrachium amazonicum*. 2. Morfotipos. 3. Ecologia. 4.
Heterogeneidade I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.512

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

Sumário

1. AGRADECIMENTOS.....	1
2. APOIO FINANCEIRO	2
3. RESUMO	3
4. ABSTRACT	4
5. INTRODUÇÃO.....	5
6. MATERIAL E MÉTODOS	9
7. RESULTADOS	17
8. DISCUSSÃO.....	29
9. CONCLUSÃO.....	35
10. REFERÊNCIAS	36

Agradecimentos

Em especial a Deus, que sempre mostra o caminho mais justo a ser percorrido.

Aos meus pais, Alceu e Angela e meus irmãos Felipe e Mirelle pelo carinho, confiança e estímulo para que este sonho fosse realizado, em especial à minha querida mamãe por todo apoio que tem me dado. Muito obrigada mamãe por toda paciência, carinho, sabedoria e pelas orações.

Ao meu orientador Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti agradeço por sua dedicação, paciência, amizade que mostrou durante este trabalho no qual sou grata pela confiança, meu muito obrigado!

Agradeço aos meus amigos da Carcinicultura, Adriana, Fernanda, Roberto, Dallas, Mateus, Gelcirene e ao Baltazar obrigada pela ajuda e amizade.

Em especial aos amigos Rafael, Caio, Val e Felipe que auxiliaram no desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço aos funcionários da Pós-graduação, por sempre estarem disponíveis a nos ajudar e em especial à querida Veralice, obrigada por tudo!

Ao Leandro, pelo carinho, amor, companheirismo que tem demonstrado durante a realização deste trabalho.

Apoio Financeiro

CNPq, bolsa de Mestrado, Processo nº131369/2012-1.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que o desenvolvimento da estrutura populacional do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, é afetada pela heterogeneidade de habitats do fundo dos corpos de água. Foram utilizados doze mesocosmos de fundo natural, com área de ~0,01 ha e profundidade ~1 m, com volume aproximado 100 m³. Os mesocosmos foram povoados com 22 juvenis de camarões/m² e 1,1 alevino de tilápias (que compuseram o extrato neotônico) em três tratamentos: mesocosmo com substrato feito de manta Geotêxtil (MG), mesocosmo com substrato feito de bambu (BB), mesocosmo sem substrato (SS). Mensalmente e ao final do experimento, os camarões foram coletados, para avaliar a estrutura populacional, estágio ovariano, massa e comprimento corporal, *sex-ratio* e sobrevivência. A presença dos substratos nos mesocosmos aumentou a frequência dos morfotipos CC, acelerou o aparecimento dos morfotipos GC1 e GC2, diminuiu a frequência do morfotipo TC ao final do experimento, aumentou o tamanho de machos e fêmeas e a frequência dos estágios ovarianos IV e V. O efeito foi mais acentuado com a inclusão do substrato MG. Por outro lado, a sobrevivência foi significativamente maior nos mesocosmos sem substratos, embora os valores tenham ficado muito próximos. O *sex-ratio* não diferiu significativamente entre os tratamentos com adição ou não de substrato. Portanto, a presença e o tipo de substrato adicional ao fundo presente nos corpos de água afetam o desenvolvimento populacional de *M. amazonicum*, confirmando a hipótese inicial que esta é dependente da heterogeneidade de habitats.

Palavras chave: *Macrobrachium amazonicum*, morfotipos, substratos, heterogeneidade, macrobentos.

Abstract

The objective of this study was to test the hypothesis in which the development of the population structure of amazonian prawn, *Macrobrachium amazonicum*, is affected by the heterogeneity of habitats from the bottoms of bodies of water. Twelve mesocosms of natural background were used, where each mesocosm had an area of ~0.01 ha and a depth of ~1 m, and with an approximate volume of 100 m³. The mesocosms were stocked with 22/m² juveniles of amazonian prawn and 1.1/m² of juvenile tilapia (which composed the nektonic extract) in three different treatments: mesocosm with substrate made of geotextile blanket (MG), mesocosm with substrate made from bamboo (BB), and then mesocosm without substrate (SS). The prawn were collected monthly and at the end of the experiment in order to assess population structure, ovarian stage, body mass and length, *sex-ratio*, and survival. The presence of the substrates in the mesocosms increased the frequency of the CC morphotypes, accelerated the appearance of the GC1 and GC2 morphotypes, decreased the frequency of the TC morphotype at the end of the experiment, increased the size of males and females, and increased the frequency of ovarian stages IV and V. The effect was more pronounced with the presence of the MG substrate. On the other hand, the survival rate was significantly higher in the mesocosms without substrates even though the values were quite similar. The *sex-ratio* did not differ significantly between treatments with or without the addition of substrate. Therefore, the presence and the type of substrate added to the bottoms of water systems present an effect on the population growth of *M. amazonicum*, confirming the initial hypothesis which stated that population structure is dependent on the heterogeneity of habitats.

Key words: *Macrobrachium amazonicum*, morphotypes, substrates, heterogeneity macrobenthos.

Introdução

Macrobrachium amazonicum está presente em rios, várzeas, lagos e reservatórios das regiões tropicais e subtropicais da América do Sul. Ocorrem nas bacias hidrográficas do Amazonas, Orenoco, São Francisco, da Prata, e rios do Nordeste e Centro-Oeste (Holthuis, 1952; 1966; Davant, 1963; Rodríguez, 1982; Coelho e Ramos-Porto, 1985; Ramos-Porto e Coelho, 1990; López e Pereira, 1996; Pettovello, 1996; Bialetzki *et al.*, 1997; Magalhães, 2000; 2001; 2002; Melo, 2003; Valência e Campos, 2007). Esta característica origina populações locais, que são provavelmente geneticamente isolados, muitas das quais mostram variações intraespecíficas em fisiologia (Anger e Hayd, 2009), ecologia, morfologia (Maciel e Valenti, 2009) e genética (Pileggi e Mantelatto, 2010). Isso faz dessa espécie um modelo biológico muito interessante para estudos em diversas áreas.

Dessa forma desempenha um papel importante na cadeia alimentar, participando de fluxos de energia e nutrientes nos ecossistemas em que ocorre. Pode representar cerca de 80% da biomassa de macrocrustáceos em alguns biótopos, como nos lagos da Amazônia, rios do Nordeste e do Centro-Oeste (Odinetz-Collart, 1988; 1993). Alimenta-se de macro e micro invertebrados algas, insetos aquáticos, detritos, larvas de insetos, peixes, nematóides, rotíferos, crustáceos, e sedimentos finos (Kensley e Walker, 1982; Souza *et al.*, 2007; Sampaio *et al.*, 2008; Romero, 1982). Em aquicultura, eles consomem vários tipos de dietas processadas com base em matéria-prima de origem vegetal ou animal (Maciel e Valenti, 2009).

As populações do *M. amazonicum* são compostas por diferentes morfotipos de machos adultos, apresentando variação no tamanho, morfologia, fisiologia e comportamento (Moraes-Riodades e Valenti, 2004; Santos *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2009). Além disso, apresentam fêmeas em diferentes fases de desenvolvimento gonadal, que se reflete em mudanças morfológicas externas, como presença de ovos nos pleópodos e abertura das pleuras após a eclosão das larvas ou manutenção das pleuras fechadas no caso de fêmeas virgens (Preto *et al.*, 2010). A estrutura populacional dos machos é composta por quatro morfotipos distintos: "Translucent Claw" (TC), "Cinnamon Claw" (CC), "Green Claw 1" (GC1) e "Green Claw 2" (GC2) (Moraes-Riodades e Valenti, 2004). A diferenciação

desses morfotipos foi definida com base na cor e espinhação do quelípodo e características no crescimento das partes do corpo (cefalotórax, abdômen e quelípodo - ísquio, mero, carpo, própodo e dátilo) (Moraes- Riodades e Valenti, 2004). Todos os machos são férteis (Papa *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2009)

O morfotipo TC é formado pelos animais menores, que algumas vezes apresentam o apêndice sexual ainda em formação. Por outro lado, o morfotipo CC é formado por animais um pouco maiores, apresentando maior desenvolvimento de cor e espinhação. Isto sugere que o morfotipo CC seja o segundo estágio de desenvolvimento. Os morfotipos GC1 e GC2 são muito maiores e com quelípodos bastantes desenvolvidos em relação aos demais (Moraes-Riodades e Valenti, 2004). Desse modo, alterações no tamanho dos quelípodos ocasionam necessariamente mudanças nas variações intraespecíficas e do animal com o meio. Certamente, animais de quelípodos diferentes desempenham funções diferentes na população e no ambiente (Moraes-Riodades e Valenti, 2002).

As fêmeas de *M. amazonicum* possuem tamanho semelhante aos machos menores (TC e CC). Passam por mudas durante o crescimento e antes da cópula. O ciclo reprodutivo depende da ação antagônica existente entre ovários e hepatopâncreas (Ribeiro, 2006).

O desenvolvimento da estrutura populacional morfotípica pode ser uma estratégia para reduzir a competição intraespecífica entre os machos, preservando os recursos para os dominantes e reprodução. (Moraes-Valenti *et al.*, 2010). Por outro lado, pode representar adaptação às diferentes condições ambientais. Isso inclui a disponibilidade de espaço, que não se limita ao fundo dos corpos de água em que ocorrem, mas também dependem da disponibilidade de troncos, galhos e outras estruturas formadoras de microhabitats que permitam a colonização vertical da coluna d'água nos ambientes naturais (Maciel e Valenti, 2009). Estudos anteriores demonstraram que a densidade populacional afeta o desenvolvimento da estrutura populacional de *M. amazonicum*, tanto dos machos, como das fases de desenvolvimento reprodutivo das fêmeas (Moraes-Valenti *et al.*, 2010). Isso indica competição por espaço. No entanto, não foi avaliado se essa competição pode ser reduzida com a disponibilidade de substratos nos corpos de água, nem se o desenvolvimento da estrutura populacional do

camarão-da-amazônia é dependente dos diferentes tipos de substratos. Ou seja, não há informações sobre o efeito da heterogeneidade de habitats.

Para testar o efeito da heterogeneidade de habitats é necessário realizar experimentos manipulativos (Hurlbert, 1984). Nesse caso, o uso dos mesocosmos é interessante, pois permite simular o habitat natural, variando apenas o fator a ser testado. Um mesocosmo pode conter representantes dos principais grupos funcionais aquáticos, conservando as interações ecológicas e processos de sucessão com a colonização das comunidades formadas por fito, zoo e bentos. Ainda, no fundo dos mesocosmos encontram-se disponíveis alimentos de origem vegetal, animal ou detritica para os camarões. Assim, nos mesocosmos é possível manipular a disponibilidade e tipo de substratos, utilizando repetições e controlando variáveis ambientais.

Estudos de cultivo do camarão-da-malásia, *Macrobrachium rosenbergii*, em viveiros com adição de substratos artificiais, mostraram que estes permitem a ocupação de toda a coluna d'água pelos camarões, reduzindo os encontros agonísticos e as interações sociais intraespecíficas e melhorando o bem estar dos animais (Tidwell *et al.*, 1999; 2000; 2001). Desse modo, diminui a inibição do crescimento causada pelos animais dominantes. Além disso, os substratos criam um novo ambiente disponível para a colonização por organismos bentônicos e do perifiton, que podem servir de alimento para os camarões. Os substratos utilizados tanto em viveiros de aquicultura como nos mesocosmos podem ser naturais: folhas, troncos e galhos de árvore, bambu, macrófitas aquáticas, gramíneas submersas ou artificiais: manta geotêxtil e telas polietileno ou de nylon (rede antipássaros), e permitem o incremento na área disponível de até 100% (Tidwell e Coyle, 2008). Além disso, os substratos melhoram a qualidade da água e reduzem a taxa de conversão alimentar devido ao acúmulo de perifiton, que metaboliza compostos nitrogenados e serve de alimento aos camarões (Tidwell *et al.*, 1999; 2000; 2001).

Carvalho *et al.* (2004) comparando a utilização de substrato artificial com substrato natural, observaram que essa condição também proporciona a colonização e ambos abrigam comunidades com estrutura similar. Essas comunidades aceleram a decomposição da matéria orgânica presente na água e removem metabólitos tóxicos do meio como: amônia, nitrito e gás carbônico.

Assim, a utilização de substratos em sistemas de manutenção de organismos aquáticos promove a reciclagem de minerais (Bratvold e Browdy 2001; Thompson *et al.*, 2002), fornece abrigo para os animais e proporciona aumento na disponibilidade de alimento natural aos camarões e peixes (Azim *et al.*, 2001; Bratvold e Browdy, 2001; Tidwell *et al.*, 2001; Thompson *et al.*, 2002).

As características do habitat atuam diretamente na colonização de macroinvertebrados bentônicos, como os camarões. O substrato merece destaque, visto que a heterogeneidade espacial, a composição granulometria e orgânica do sedimento, a quantidade e diversidade de materiais de origem alóctone (folhas, troncos e raízes) e a estabilidade do substrato são fatores que atuam diretamente na colonização destes organismos bentônicos (Baer *et al.*, 2001; Melo e Froehlich, 2004; Hose *et al.*, 2007). Desse modo, o substrato tem um importante papel no processo de colonização e sucessão dos organismos, uma vez que o habitat funciona como um moldador da comunidade, atuando como um filtro seletor de organismos potencialmente colonizadores (Poff, 1997).

Os mesocosmos podem representar sistemas multiespaciais e multitróficos para a aquicultura. Estes consistem no cultivo de duas ou mais espécies aquáticas, com diferentes hábitos alimentares e distribuição espacial em um mesmo ambiente. Assim, estudos realizados em mesocosmos podem fornecer informações importantes para otimizar sistemas de aquicultura.

O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que o desenvolvimento da estrutura populacional do camarão-da-amazônia é afetado pela diversidade de habitats dos corpos de água, onde a espécie ocorre. Essa informação tem importância teórica porque possibilita um melhor entendimento da biologia da espécie e prática porque pode fornecer subsídios para o seu cultivo.

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP) no setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brasil, (latitude 21° 15'17''S, longitude 48° 19'20''W). A altitude do local é de 605m; o clima é mesotérmico de inverno seco, com precipitação média entre 1.100 e 1.700 mm anuais e temperaturas médias do mês mais quente de 26 °C e do mês mais frio 18 °C.

Foi realizado um experimento com duração de 140 dias nos meses de novembro a maio de 2011, ao longo dos quais acompanhou-se o desenvolvimento populacional de uma coorte de camarões-da-amazônia mantida em mesocosmos com diferentes disponibilidades de substrato. Foram utilizados doze mesocosmos de fundo natural (Figura 1), com área de ~ 0,01 ha e profundidade ~1 m, com volume aproximado 100 m³. A fauna e flora presentes foram eliminadas, drenando os mesocosmos e deixando secar ao ar. Em seguida, receberam calagem com calcário agrícola (1 t.ha⁻¹), para estabilizar o pH da água e garantir boas reservas alcalinas, e posteriormente, foram abastecidos com água filtrada mecanicamente de duas represas localizadas no CAUNESP. A entrada de predadores e competidores durante o período experimental foi minimizada por meio de telas de malha de 1 mm, instaladas no tubo de entrada de água. Para o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica e fitobentônica e conseqüentemente do zooplâncton e zoobentos. Foi realizada fertilização química no início do experimento em todos os mesocosmos, composta de superfosfato simples e ureia na concentração de 8 Kg P₂O₅ e 2 Kg N.ha⁻¹. Para compor o extrato neotônico, foram adicionados 1,1 alevinos de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) por m².

A tilápia-do-nylo e o camarão-da-amazônia apresentam características que permitem a exploração de nichos diferentes nos mesocosmos, não havendo competição direta. A tilápia ocupa ativamente a coluna d'água e alimenta-se de detritos, fragmentos de macrófitas e plâncton (Tadesse, 1999; Getachew, 1993). Ela ocorre em ampla gama de ambientes, suportando limites extremos de temperatura e oxigênio, bem como a presença de poluentes de natureza variada (Mainardes-Pinto, 1988). O camarão tolera variações do ambiente, tem hábito bentônico e se alimenta principalmente de detritos e da biota aquática do fundo.

Além disso, tanto as tilápias como os camarões apresentam grande importância econômica e os resultados obtidos podem servir para aplicações em aquicultura. Alguns artigos enfocando o uso de substratos na criação de camarões e tilápias em sistemas multitróficos mostram a compatibilidade em manter juntos esses organismos (Uddin *et al.*, 2007a; 2007b; Uddin *et al.*, 2008; Domingos *et al.*, 2008; Milstein *et al.*, 2009).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições:

- Tratamento MG: mesocosmo com substrato feito de manta Geotêxtil (MG) (Figura 2).

- Tratamento BB: mesocosmo com substrato feito de bambu (BB) (Figura 3).

- Tratamento SS: mesocosmo sem substrato (SS).



Figura 1: Mesocosmo



Figura 2. Substrato de manta geotêxtil.



Figura 3. Substrato de bambu.

Os substratos foram instalados em posição vertical de modo que sua superfície fosse equivalente a 50% da área do fundo do mesocosmo. Indivíduos recém-metamorfoseados de *M. amazonicum* foram mantidos durante 15 dias em sistema de berçário I (vide Coyle *et al.*, 2010 para descrição do sistema) antes de serem transferidos para os mesocosmos. Estes foram povoados com densidade 22 juvenis ($\pm 0,036$ g) de camarões/m². Em seguida, receberam 1,1 alevino de tilápias (± 29 g) *O. niloticus*/m² para compor o extrato nectônico do sistema. Diariamente, as tilápias foram alimentadas com dieta comercial extrusada. Esta representou a entrada de matéria orgânica alóctone no sistema, como ocorre na maioria dos ambientes naturais. Os camarões não foram alimentados para possibilitar que eles obtivessem alimento na biota aquática ou nos detritos, como ocorre nos ambientes naturais.

Mensalmente, foi retirada uma amostra de cinquenta camarões para determinação da estrutural populacional. Os machos foram classificados em “Translucent Claw” (TC), “Cinnamon Claw” (CC), “Green Claw 1 (GC1) e Green Claw 2” (GC2) (Moraes-Riodades e Valenti, 2004) (Figura 4).



Figura 4. Morfotipos dos machos *M. amazonicum*, da esquerda para direita: “Translucent Claw” (TC), “Cinnamon Claw” (CC), “Green Claw 1” (GC1), “Green Claw 2” (GC2).

As fêmeas foram classificadas com base no estágio de maturação ovariana: estágio I: os ovários são pequenos e incolores, estágio II: apresenta coloração esbranquiçada, estágio III: os ovários apresentam coloração esverdeada, estágio IV: os ovários apresentam-se túrgidos, volumosos e de coloração esverdeada, mais intensa quando comparada ao estágio III e estágio V: os ovários são mais volumosos e túrgidos e de coloração verde intenso (Ribeiro, 2006). Além disso, as fêmeas foram classificadas em: “fêmeas não ovígeras”, (quando a fêmea não apresentava massa de ovos nos pleópodos) e “ovígera”, (apresentava massa de ovos nos pleópodos).

A água dos mesocosmos foi monitorada diariamente pela manhã (8:00 às 8:30h) e à tarde (16:30 às 17:00 h) quanto às principais variáveis ambientais como o teor de oxigênio dissolvido, pH e temperatura. Para a determinação da temperatura e do oxigênio dissolvido, foi utilizada uma sonda multiparâmetro (YSI modelo Professional Plus). A leitura do pH foi realizada com peagômetro digital YSI modelo 63. A transparência foi medida com utilização do disco de Secchi (Boyd, 1979). A água de abastecimento foi utilizada somente para repor as perdas por infiltração e evaporação. A água foi monitorada quinzenalmente quanto às concentrações de amônia e nitrito pelo método colorimétrico e nitrato, pelo método de redução por sulfato de hidrazina (APHA, 1998).

Como houve diminuição no oxigênio dissolvido no período noturno após o primeiro mês de experimento, foi necessário o uso de aeradores (Aquahobby Bernauer 0,5 hp). O tempo de acionamento foi de 3 horas diárias, divididos em períodos de 30 minutos com intervalo de 2 horas entre cada período. Os parâmetros da qualidade da água nos mesocosmos (Tabela1) provavelmente corresponderam aos valores das variáveis da água observada em ambientes habitados por *M. amazonicum*. Na região costeira amazônica, populações de adultos e juvenis ocorrem em temperaturas de 26 a 30 °C, oxigênio variando entre 2,1- 6,9 mg/L e pH ligeiramente ácido (6,2 - 6,8) (Silva *et al.*, 2002 a; Silva *et al.*, 2002 b; Silva *et al.*, 2005; Flexa *et al.*, 2005) . Foram observados adultos na bacia do Orinoco temperatura em média de 28 °C, com oxigênio variando 3,5 a 7,7 mg / L e pH ácido (5 - 6) (Montoya, 2003). Em viveiros de aquicultura, esses animais são criados em temperaturas 24 - 32,5 °C, oxigênio dissolvido 1,7 - 13,2 mg/L, pH 6,2 - 9,6, condutividade 47 - 175 ms/cm, alcalinidade total de 27 - 96 mg/L, e

Transparência Secchi 25 - 90 cm (Moraes–Riodades *et al.*, 2006; Keppeler e Valenti, 2006). Além disso, a variação diária de oxigênio dissolvido, pH e amônia total indicou que a fotossíntese e decomposição estavam ocorrendo nos mesocosmos. Por isso pode-se inferir que os principais processos biológicos correram nos mesocosmos, simulando o ambiente natural. O controle destas variáveis é extremamente importante para o adequado desenvolvimento dos animais, já que estes fatores influenciam na reprodução e no crescimento destes crustáceos.

Tabela 1: Médias \pm desvio padrão e amplitudes (entre parênteses) das variáveis da água dos viveiros em cada tratamento durante todo o período experimental.

Parâmetros	Período	Tratamentos		
		Manta	Bambu	Sem Substrato
OD (mg/L)	Manhã	4,0 \pm 1,5	4,1 \pm 1,2	4,5 \pm 1,3
		(0,8-9,1)	(0,8-9,0)	(0,8-9,4)
	Tarde	10,4 \pm 0,4	10,9 \pm 0,3	11,4 \pm 0,3
		(2,5-17,3)	(2,6-18,7)	(2,6-17,3)
pH	Manhã	7,9 \pm 0,1	7,7 \pm 0,2	7,9 \pm 0,4
		(7,2-8,8)	(7,1-8,2)	(7,2-9,1)
	Tarde	9,1 \pm 0,1	9,2 \pm 0,6	9,3 \pm 0,1
		(7,6-9,5)	(7,7-9,6)	(8,1-9,8)
T (°C)	Manhã	27,1 \pm 0,9	27,1 \pm 0,9	27,1 \pm 0,9
		(20,5-29,3)	(22,7-29,5)	(20,5-29,4)
	Tarde	29,9 \pm 0,9	30,1 \pm 1,0	30,1 \pm 1,0
		(24,1-33,0)	(24,7-33,8)	(24,1-33,3)
Amônia (μ g/L)		143 \pm 30	109 \pm 24	138 \pm 35
		(26-465)	(7-304)	(17-561)
Nitrito (μ g/L)		10,2 \pm 2,9	5,2 \pm 1,6	7,4 \pm 3,3
		(0,6-70,7)	(0,4-21,1)	(0,2-69,4)
Nitrato (μ g/L)		68,8 \pm 18,0	34,6 \pm 21,0	36,5 \pm 19,2
		(1,5-270)	(1,4-169)	(1,8-242)
Transparência (cm)		39 \pm 5	35 \pm 5	35 \pm 2
		(13-82)	(13-74)	(8-74)

Após 140 dias todos os camarões foram coletados e eutanasiados em choque térmico com a utilização de água, gelo e cloro. Para avaliar a estrutura populacional dos camarões, foram obtidas amostras aleatórias de 10% do total de animais capturados em cada mesocosmo.

Para a análise da sobrevivência, das distribuições da frequência dos camarões em classes de morfotipos, fêmeas não-ovígeras/ovígeras, estágios ovarianos e sexo, utilizou-se o Teste G (Sokal e Rohlf, 1995). Quando foi obtido valor de G significativo, as diferenças entre cada tratamento foram testadas aplicando-se o teste G de forma iterativa (Sokal e Rohlf, 1995). O “*sex-ratio*” foi obtido, dividindo-se o número de machos pelo número de fêmeas. Os gráficos foram construídos utilizando-se o software “Excell” da Microsoft. Em todos os casos, considerou-se que as frequências diferem quando a probabilidade de obtenção do valor da estatística G foi menor ou igual a 5%.

Resultados

Ao final do experimento, a taxa de sobrevivência média foi de 72%, 73,5%, 76% para os tratamentos MG, BB e SS, respectivamente. No tratamento SS, a sobrevivência foi mais alta que nos demais ($G = 22,7$, $P < 0,05$, $g.l. = 1$, $N = 33040$), que não diferiram entre si ($G = 21,49$, $P > 0,05$, $g.l. = 1$, $N = 20761$; $G = 2,87$, $P < 0,05$, $g.l. = 1$, $N = 21404$; $G = 10,21$, $P < 0,05$, $g.l. = 1$, $N = 23915$). A partir do segundo mês de experimento (que corresponde a 60 dias de vida dos camarões), observou-se a presença de machos dos morfotipos “Translucent Claw” (TC), “Cinnamon Claw” (CC) e “Green Claw1” (GC1). A presença dos morfotipos “Green Claw2” (GC2) foi observada do terceiro mês em diante em todos os tratamentos, aumentando no último mês do experimento (Tabela 2).

Tabela 2. Frequência absoluta dos morfotipos nos três tratamentos no decorrer dos meses.

Morfotipo/ Trat	MANTA (MG)	BAMBU (BB)	SEM SUBSTRATO (SS)	Meses	N
TC	59	75	76	2	210
	72	86	81	3	239
	59	77	70	4	206
	161 ^c	246 ^b	264 ^a	5(F)	671
CC	22 ^a	10 ^b	20 ^a	2	52
	29	31	18	3	78
	30	37	29	4	96
	171	183	158	5(F)	512
GC1	5 ^a	8 ^a	1 ^b	2	14
	15 ^a	5 ^b	7 ^b	3	27
	10	8	10	4	28
	36	32	33	5(F)	101
GC2	0	0	0	2	0
	7	4	3	3	14
	20	10	17	4	47
	61 ^a	45 ^b	37 ^c	5(F)	143
Fêmeas/ Trat	MANTA (MG)	BAMBU (BB)	SEM SUBSTRATO (SS)	Meses	N
Não Ovígera (FNO)	109	93	91	2	293
	47	51	62	3	160
	43	41	41	4	125
	175	192	221	5(F)	588
Ovígera (FO)	6	7	2	2	15
	29	22	27	3	78
	46	27	32	4	105
	296	180	144	5(F)	620

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, diferem estatisticamente entre si pelo teste G ao nível de significância de 5%, (F) = final do experimento, TC = Translucent Claw, CC= Cinnamon Claw, GC1= Green Claw 1, GC2= Green Claw 2, FNO = Fêmea não ovígera e FO= Fêmea ovígera.

O morfotipo TC apareceu no segundo mês do experimento e sua frequência diminuiu em todos os tratamentos a partir do terceiro mês. A frequência de machos TC foi sempre menor no tratamento MG, mas somente ao final do experimento foi significativo. A frequência foi mais alta no tratamento SS no final do experimento. O morfotipo CC surgiu no segundo mês do experimento e, de um modo geral, aumentou ao longo do tempo. Houve diferença apenas no segundo mês, quando a frequência no tratamento BB foi menor que nos demais. A frequência de animais CC no tratamento MG (22 animais) foi 55% superior ao tratamento BB (10 animais), mas não diferiu do tratamento SS (20 animais) (Figura 5). O morfotipo GC1 surgiu no segundo mês de cultivo em todos os tratamentos. Este teve frequência mais elevada nos mesocosmos com substratos. Nos quatro mesocosmos sem inclusão de substrato, apareceu apenas um único animal GC1. Não houve diferença entre os tratamentos com substratos MG e BB. No terceiro mês de experimento ocorreu aumento na frequência de animais GC1 no tratamento MG (15 animais; 66% maior que no tratamento SS), que diferiu dos demais. Houve aumento na frequência de animais GC1 no tratamento SS, que não diferiu no tratamento BB. A partir daí, não houve diferença entre os tratamentos até o final (Figura 5). O morfotipo GC2 apareceu a partir do terceiro mês em todos os tratamentos. A frequência foi sempre mais alta no tratamento MG, mas diferença dos demais foi obtida somente no final do experimento. Então, a frequência de GC2 no tratamento MG (61 animais) foi 39,3% maior que no tratamento sem substrato (37 animais) e não houve diferença nos BB e SS (Figura 5). Observou-se que nos tratamentos BB e SS a frequência de machos GC2 subiu apenas no quarto mês estabilizando-se a partir daí, enquanto que no tratamento MG se estabiliza a partir do segundo mês.

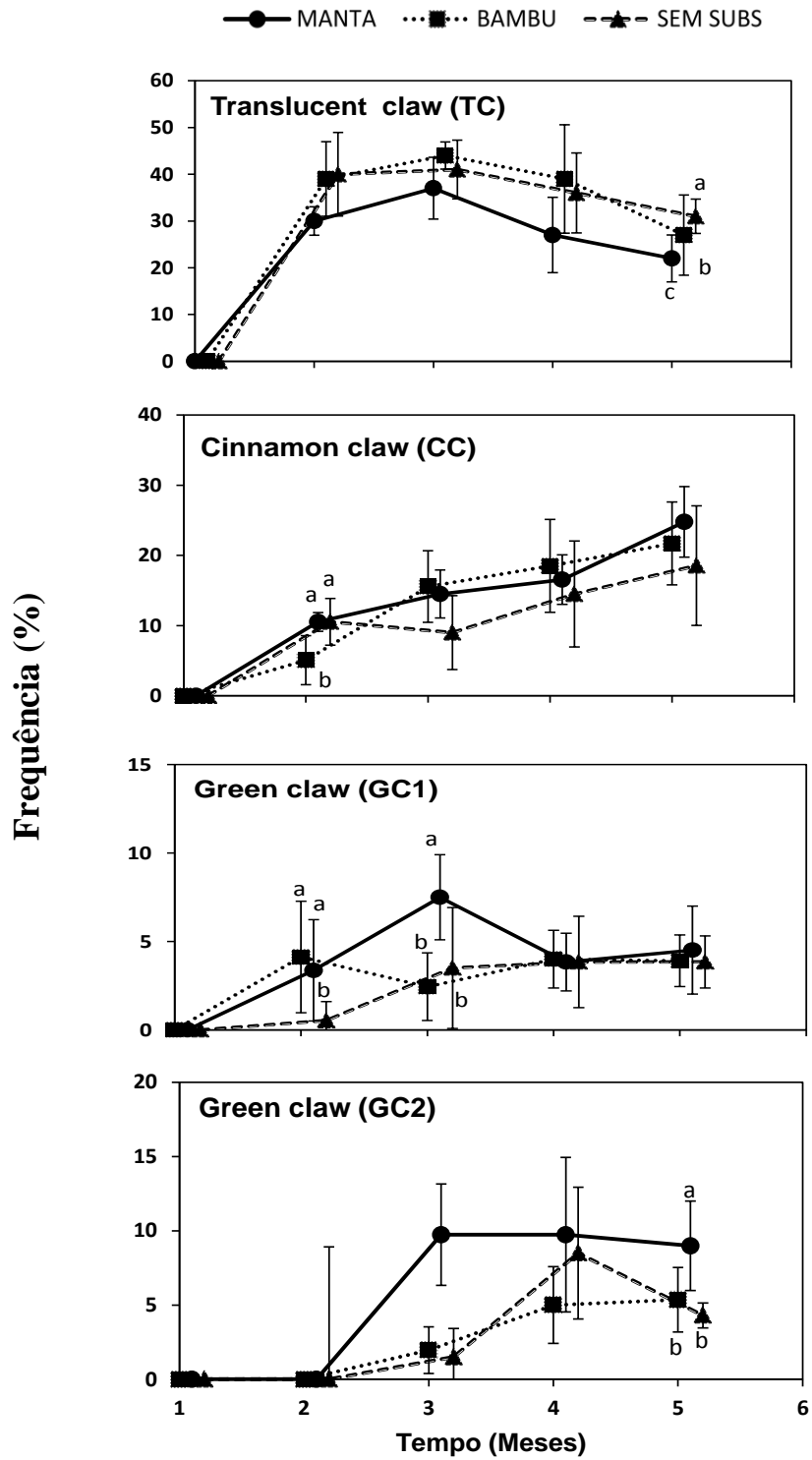


Figura 5. Frequência relativa (média ± DP) dos morfotipos ao longo do tempo nos meses entre os tratamentos. Letras diferentes sobre as barras de um mesmo mês indicam que as frequências diferem significativamente entre os tratamentos.

A massa corporal nos morfotipos TC, CC, GC1 e GC2 apresentou grande variabilidade e não diferiu entre os tratamentos ao longo dos meses. Apesar disso, ela foi geralmente maior no tratamento MG nos morfotipos TC, CC e GC1 (Figura 6).

O morfotipo TC geralmente apresentou comprimento médio maior no tratamento MG, mas diferiu do tratamento SS apenas no segundo mês. Este também foi menor que em BB (Figura 7). O comprimento médio dos camarões também foi menor no tratamento SS para os morfotipos CC e GC1 ao final do experimento. Por outro lado, o comprimento médio dos machos do morfotipo GC2 não diferiu entre os tratamentos, mas foi numericamente menor que nos demais tratamentos nos meses 4 e 5 do experimento.

A massa corporal e o comprimento das fêmeas não ovígeras (FNO) e fêmeas ovígeras (FO) apresentou um valor maior no tratamento MG, havendo diferença no final do experimento entre os tratamentos MG, BB e SS. Não houve diferença estatística para inclusão ou não de substrato nos meses anteriores (Figuras 8 e 9).

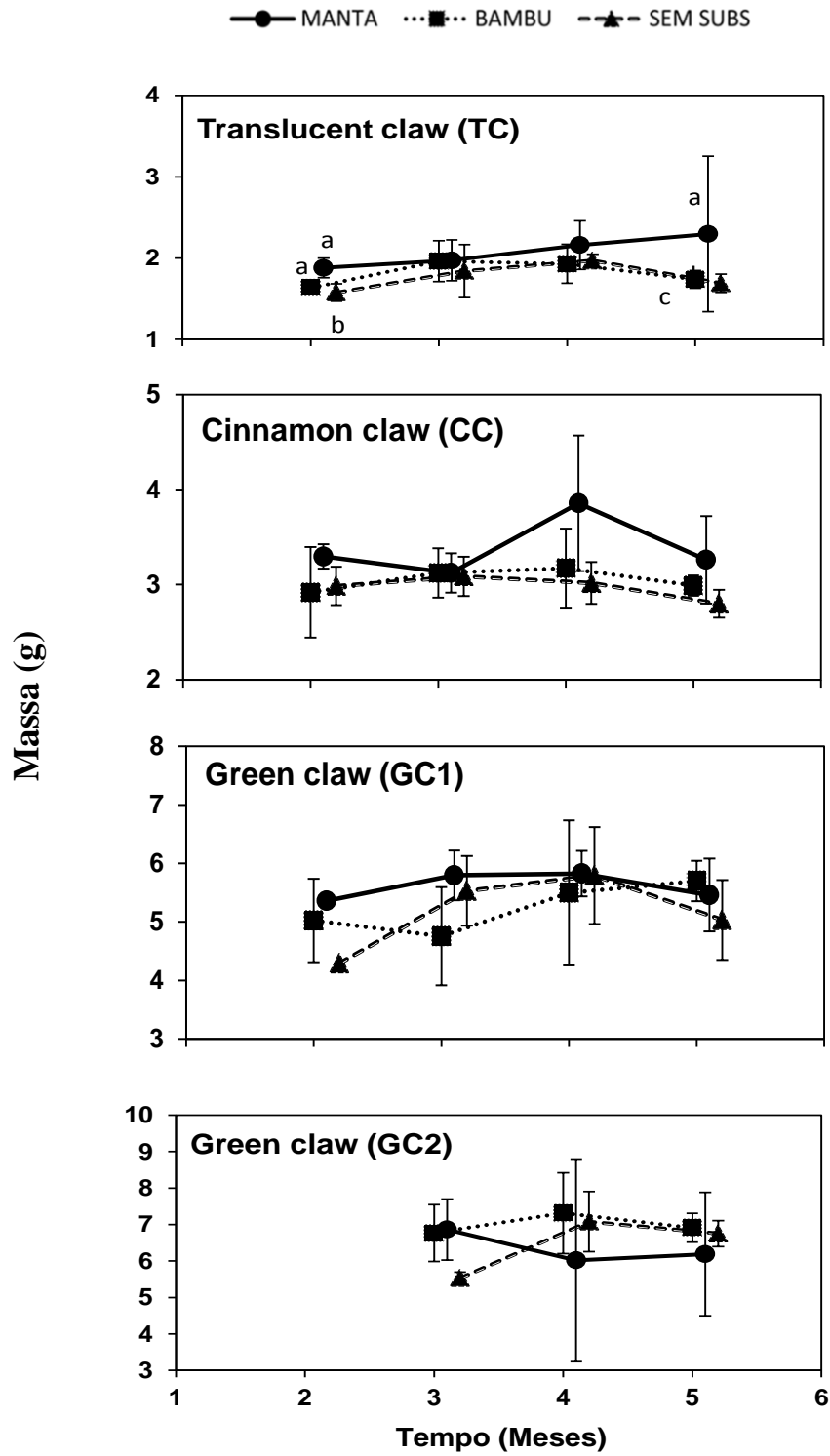


Figura 6. Massa Corporal (média ± DP) dos morfotipos ao longo do tempo nos meses entre os tratamentos. Letras diferentes sobre as barras de um mesmo mês indicam que as frequências diferem significativamente entre os tratamentos.

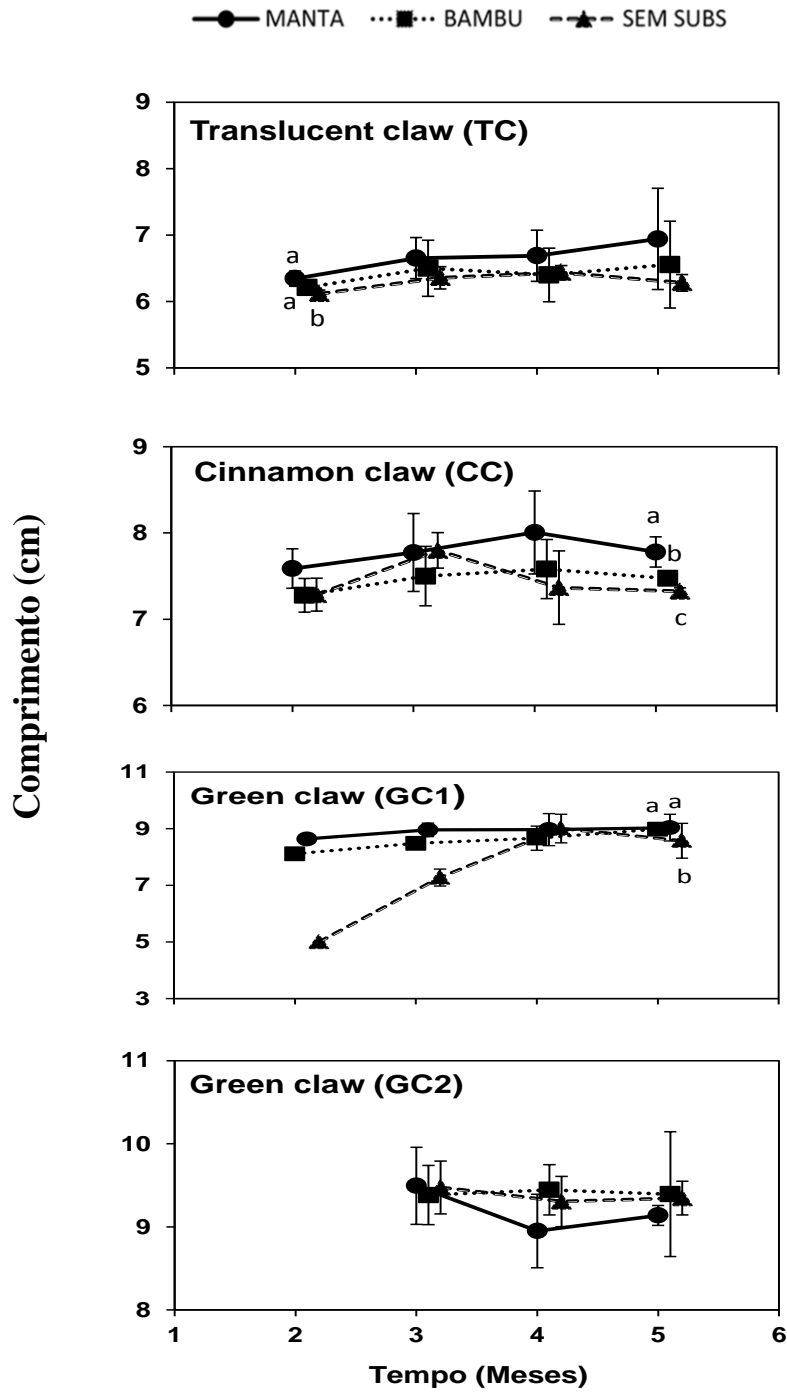


Figura 7. Comprimento (média ± DP) dos morfotipos ao longo do tempo nos meses entre os tratamentos. Letras diferentes sobre as barras de um mesmo mês indicam que as frequências diferem significativamente entre os tratamentos.

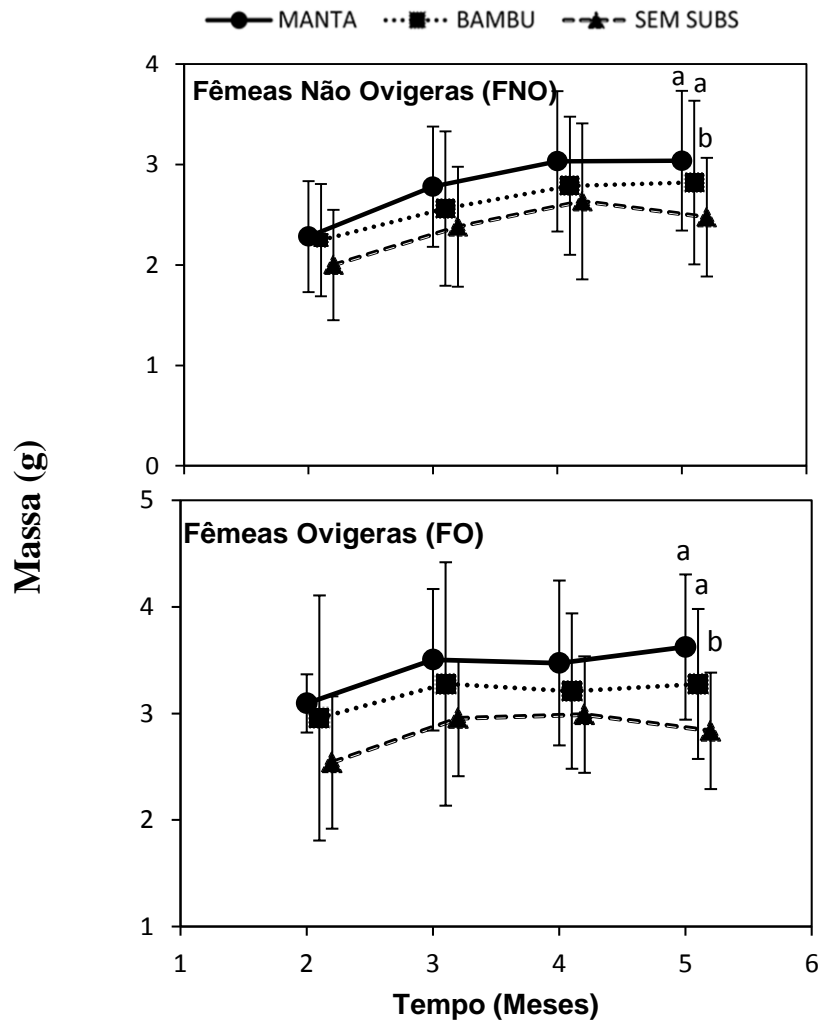


Figura 8. Massa Corporal (média \pm DP) das fêmeas não ovígeras (FNO) e das fêmeas ovígeras (FO) ao longo do tempo nos meses entre os tratamentos. Letras diferentes sobre as barras de um mesmo mês indicam que as frequências diferem significativamente entre os tratamentos.

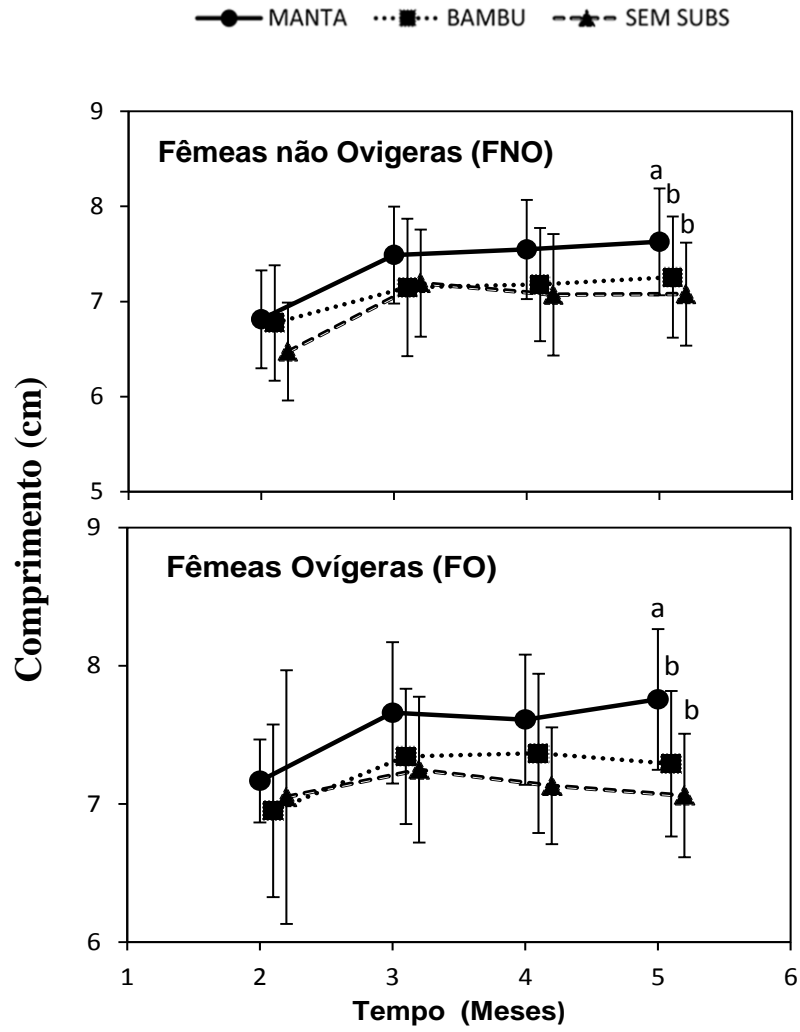


Figura 9. Comprimento (média ± DP) das fêmeas não ovíferas (FNO) e fêmeas ovíferas (FO) ao longo do tempo nos meses entre os tratamentos. Letras diferentes sobre as barras de um mesmo mês indicam que as frequências diferem significativamente entre os tratamentos.

A frequência do estágio ovariano I no segundo mês de experimento é maior, mas não apresentou diferença entre os tratamentos. Porém, o estágio IV diferiu entre os tratamentos, sendo no tratamento MG (14 animais; 64,28% maior que no tratamento SS) e no tratamento BB (17 animais; 70,59% maior comparada com o tratamento SS (Figura 10). No terceiro e quarto mês não houve diferença na frequência relativa dos estágios ovarianos entre os tratamentos com ou sem adição de substrato. No final do experimento, a frequência relativa do estágio ovariano I foi maior nos tratamentos SS seguido por BB e MG. A frequência observada no tratamento SS foi 47,5% maior que em MG e em BB foi 38,61% maior que no tratamento MG. Neste mesmo mês, a frequência do estágio ovariano V foi menor no tratamento SS (Figura 10).

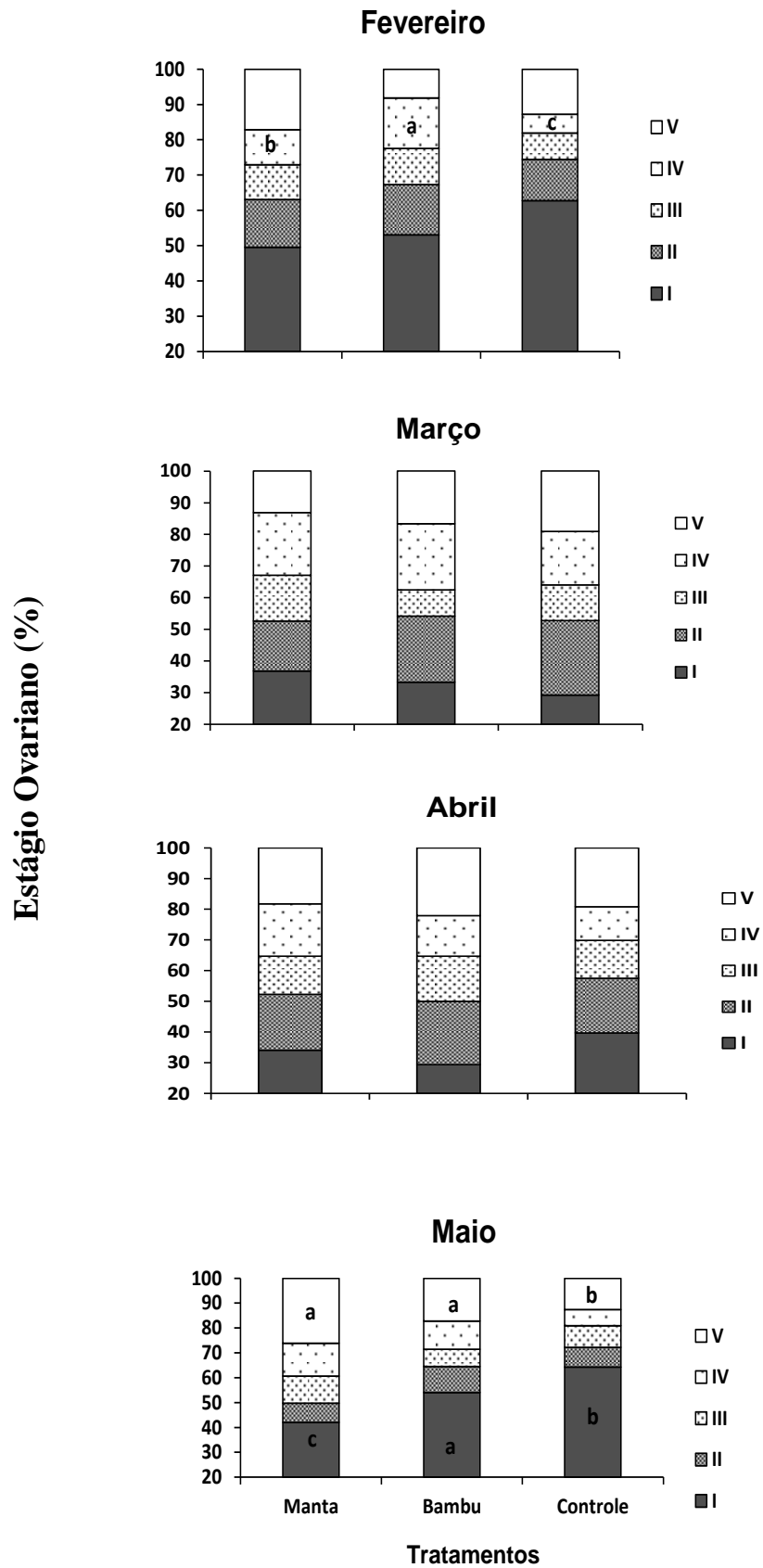


Figura 10. Frequência relativa (média ± DP) dos estágios ovarianos das fêmeas ao longo do tempo nos meses entre os tratamentos. Letras diferentes no mesmo estágio ovariano de um mesmo mês indica diferença significativamente entre os tratamentos.

A proporção sexual (*sex-ratio*) apresentou grande variabilidade ao longo do experimento e de um modo geral foi maior que 1, com predomínio dos machos (Figura 11). Os dados não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

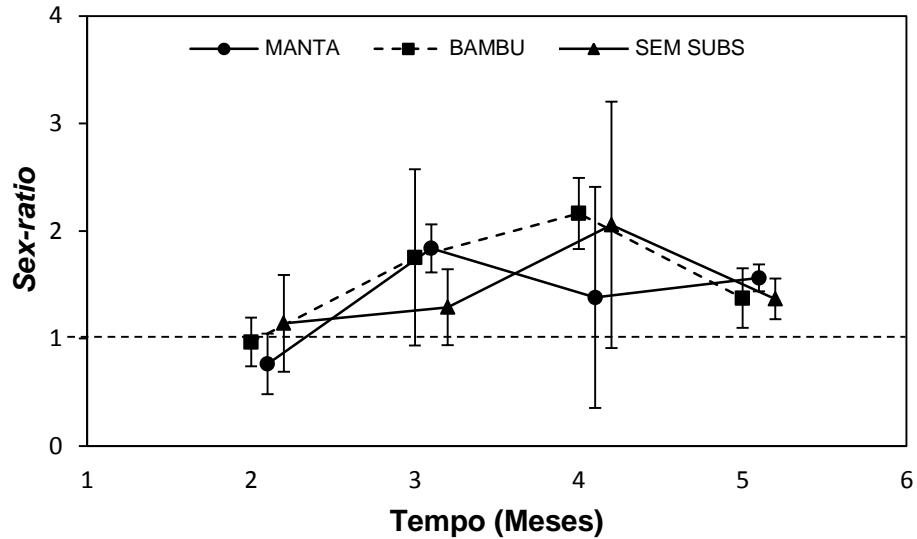


Figura 11. A proporção sexual (Machos: Fêmeas) (média \pm DP) ao longo do tempo nos meses entre os tratamentos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Discussão

Estrutura Populacional

Os resultados obtidos no experimento indicam que diferentes tipos de substratos disponíveis para colonização alteram tanto o desenvolvimento individual como populacional do camarão-da-amazônia ao longo do tempo. A inclusão dos substratos adicionais ao fundo nos mesocosmos aumentou a frequência de machos dos morfotipos CC, GC1 e GC2 nos primeiros meses, diminuiu a frequência do morfotipo TC e aumentou o tamanho das fêmeas (FNO e FO). O substrato manta geotêxtil (MG) teve um efeito mais acentuado em relação ao substrato bambu (BB). Este acelerou o surgimento de machos dos morfotipos GC1 e GC2 e a maturação das fêmeas, reduziu o retorno dos ovários ao estágio I no período mais frio (maio) e condicionou maior crescimento tanto dos machos como das fêmeas. A exceção é para o morfotipo GC2, que se explica pelo fato desse grupo ter surgido primeiro no substrato MG, quando os animais eram menores, e a taxa de crescimento ter sido reduzida após os animais atingirem o último estágio morfotípico. Portanto, os resultados indicam que o substrato MG seja mais favorável para *M. amazonicum*.

A manta geotêxtil apresenta grande superfície, textura macia e alta porosidade, possibilitando maior área e diversidade de habitat para a fixação de perifiton. Poderia representar substratos com grande superfície plana, tais como folhas e rochas, embora estes apresentem texturas diferentes. Os bambus são substratos naturais, que podem ser retirados diretamente no campo, pois são plantas invasoras da Mata Atlântica (Matos e Pivello, 2009). Portanto, são de fácil obtenção por populações de baixa renda e seu uso em sistemas de cultivo aumenta a sustentabilidade ambiental e social. Também apresentam boa superfície para a fixação de perifiton e representam substratos mais alongados e lenhosos, como troncos e galhos. Como foi observada uma aceleração no desenvolvimento populacional nos mesocosmos providos de manta, possivelmente substratos com maior superfície ou com textura mais macia e alta porosidade podem ser mais favoráveis para o desenvolvimento populacional de *M. amazonicum* também nos ambientes naturais.

O desenvolvimento de morfotipos em camarões *Macrobrachium* pode estar associado à expansão e retração dos habitats que ocorrem nos períodos de

chuvas e seca. Karplus (2005) levantou a hipótese de que a existência de morfotipos menores em *M. rosenbergii* pode ser uma adaptação ao aumento da densidade populacional em períodos seca, quando a área do leito dos rios diminui. No entanto, essa hipótese não foi verificada porque nenhum estudo da frequência morfológica de machos foi realizada em ambientes naturais dessa espécie. *M. amazonicum* ocorre regularmente em áreas da Amazônia sujeitas a variações anuais no nível da água (Odinetz-Collart, 1988; 1991; 1993). Assim, com o alagamento sazonal das margens dos rios, novos habitats são abertos e vários tipos de substratos, como troncos de árvores, vegetações rasteiras e pedras tornam-se disponíveis para ocupação dos camarões. Os resultados obtidos nesse trabalho indicam que possivelmente o tipo de substrato disponível nesses períodos de inundação interfere no desenvolvimento populacional tanto dos morfotipos dos machos quanto das fases reprodutivas das fêmeas. Embora vários estudos populacionais de *M. amazonicum* tenham sido realizados na natureza (Odinetz-Collart e Magalhães, 1994; Odinetz-Collart e Rabelo, 1996; Sampaio *et al.*, 2007; Lucena *et al.*, 2010; Freire *et al.*, 2012), apenas dois analisaram a presença de morfotipos (Santos *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2009) e não focaram o tipo de substrato. Portanto, essa hipótese precisa ser investigada na natureza.

Além do tipo de substrato, o desenvolvimento da estrutura morfológica dos machos pode estar relacionada à disponibilidade de alimentos ou à reprodução. Em populações isoladas em águas interiores, não aparecem os morfotipos GC1 e GC2 (Vergamini, 2011), o que pode ser decorrência de uma adaptação à menor disponibilidade de alimento em relação às populações estuarinas. Os morfotipos machos e os estágios ovarianos apareceram na mesma época. Dessa forma, a estrutura dos morfotipos pode estar relacionada com o processo reprodutivo (Moraes-Valenti *et al.*, 2010). Com exceção do morfotipo GC2, todos apareceram no segundo mês de experimento nos tratamentos com inclusão ou não de substrato.

A frequência de machos TC foi elevada no tratamento sem substrato (SS). Possivelmente, esses animais menores não conseguem se desenvolver na presença de animais maiores. Isso decorre de competição direta por recursos ou por interferência (Moraes-Valenti *et al.*, 2010). Segundo Ibrahim (2011) existe uma hierarquia na interação social dos machos de *M. amazonicum*, sendo que animais

GC2 inibem a alimentação dos TCs. Segundo Englund e Krupa (2000), abrigos são recursos valiosos para minimizar encontros agressivos e predação, e assim oferecer proteção aos submissos quando na presença do macho dominante. Áreas maiores podem ter maior quantidade de indivíduos devido a maior disponibilidade de habitats, maior espaço ou a maior heterogeneidade de habitats e microhabitats (Townsend *et al.*, 2010). Ambientes espacialmente mais heterogêneos podem acomodar mais indivíduos, porque possuem mais tipos de habitats e esconderijos aos predadores, e uma gama maior de microclimas. Esses fatores aumentam a diversidade estrutural (Begon *et al.*, 2006). A heterogeneidade de habitats proporciona à comunidade aquática uma fonte de alimento e/ou abrigo dos predadores e competidores, o que pode influenciar a riqueza e a distribuição dos organismos aquáticos (Ward, 1992). Portanto, os substratos adicionais favorecem o surgimento de animais maiores porque proporcionam abrigos, aumentam a área com diminuição da aglomeração dos camarões, reduzindo comportamentos agonísticos e competição direta e aumentam a disponibilidade de alimento natural.

Lima (2002) observou que a disponibilidade de alimentos e o tipo de substrato contribuem para fortes flutuações tanto na riqueza taxonômica de grupos quanto na abundância e dinâmica populacional dos animais bentônicos. A estrutura da população de *M. amazonicum* é dependente da densidade em mesocosmos (Moraes-Valenti *et al.*, 2010). Em altas densidades (40-80 m²), os camarões são menores e o número de machos dominantes e de fêmeas reprodutivas diminui significativamente (Moraes-Riodades e Valenti, 2006; Moraes-Valenti *et al.*, 2010). A presença de diferentes tipos de substratos, favorece o desenvolvimento do biofilme ou perifiton e aumenta a produtividade dos mesocosmos, beneficiando diretamente organismos onívoros de hábitos bentônicos, como os camarões (Domingos e Vinatea 2008). Baer *et al.* (2001) relataram que a maior heterogeneidade do substrato é um fator facilitador para uma rápida colonização dos macroinvertebrados.

Cada morfotipo provavelmente desempenha uma função diferente na população em que vive e no ambiente (Moraes-Riodades e Valenti, 2004). Estas devem estar relacionadas com as diferenças nos quelípodos. Nos camarões de água doce, os quelípodos são importantes na coleta de alimentos (Valenti, 1985; Ismael & New, 2000; Moraes-Riodades e Valenti 2002), na ocupação e defesa do

território (Nagamine e Knight, 1980), nos comportamentos agonísticos em geral (Nagamine e Knight, 1980; Volpato e Hoshino, 1984; Ismael e New, 2000; Ibrahim, 2011), na manutenção da estrutura social (Volpato e Hoshino, 1984; Karplus *et al.*, 1992), no comportamento de corte e durante a cópula (Valenti, 1987; Ismael e New, 2000). Assim, *M. amazonicum* pode apresentar uma diversidade funcional intraespecífica. Portanto, animais funcionalmente diferentes podem ocupar habitats diferentes e o seu surgimento estar relacionado à disponibilidade desses habitats.

Estágios Ovarianos

Os ovários de *M. amazonicum* apresentam diferentes estágios de maturação, que se sucedem em um ciclo reprodutivo (Ribeiro, 2006). Todos os estágios ovarianos apareceram no 2º mês de experimento nos mesocosmos com e sem substratos. As fêmeas de camarões *Macrobrachium* apresentam atividade reprodutiva contínua, como foi encontrado em trabalhos anteriores feitos com as fêmeas (García-Dávila *et al.*, 2000; Martins *et al.*, 2007, Moraes-Valenti *et al.*, 2010). Os camarões de água doce tem reprodução contínua ou periódica. De acordo com Odinetz-Collart (1991), pode-se encontrar fêmeas dessas populações com os ovários em diferentes estágios de maturação independente da estação do ano. Segundo Bond e Buckup (1982), o ciclo reprodutivo de *M. potiuna* e *M. borelli* parece ser estimulado de forma muito mais marcante pelas variações estacionais da luz, do que pelas flutuações térmicas da água. Na região amazônica, o fotoperíodo é aproximadamente constante ao longo do ano, mas no Estado de São Paulo, menor número de horas de luz que ocorre em abril e maio pode ter determinado o retorno ao estágio de repouso dos ovários (estágio I) observado ao final do experimento.

Em várias espécies de crustáceos decápodes, maturação das gônadas e postura de ovos não são controlados apenas por mecanismos endógenos e estão fortemente relacionados com condições favoráveis, tais como a disponibilidade de alimentos (Shokita, 1973; Walker e Ferreira, 1985; Magalhães e Walker, 1988; Wong, 1989). O uso de substratos favorece o desenvolvimento de perifiton, oferece a possibilidade de aumento na produção primária e alimento natural disponível para os camarões, (Azim *et al.*, 2001; Azim *et al.*, 2004). O alimento natural pode conter nutrientes mais adequados para o desenvolvimento gonadal

que a dieta comercial fornecida. Assim, a diminuição da temperatura e do comprimento dos dias ocorrida em maio teve um efeito menor na atividade reprodutiva das fêmeas mantidas nos mesocosmos com substratos.

Crescimento e sobrevivência

O crescimento é o resultado de um balanço entre os processos de anabolismo e catabolismo que ocorrem em cada indivíduo (Bertalanffy, 1938) e pode ser expresso como o aumento do comprimento, volume ou peso ao longo do tempo (Hartnoll, 1982). Neste experimento, a massa corporal e o comprimento nos machos e nas fêmeas foram maiores nos tratamentos com adição do substrato. Observamos que as fêmeas continuaram crescendo até o final do experimento nos tratamentos MG e BB. Moraes-Valenti *et al.*, (2010) observaram que a frequência de tamanho foi fortemente afetada pela densidade populacional; nas densidades mais altas, a frequência dos animais menores aumentou. Moraes-Valenti *et al.*, (2010) constataram que a alta densidade populacional aumenta o nível de competição intraespecífica por recursos, tais como espaço e alimento. Quando um desses recursos torna-se insuficiente, torna-se um fator limitante e as taxas vitais irão diminuir devido à falta de recurso e maior gasto energético causado pelo o estresse resultante da competição por interferência. Ou seja, o espaço pode ser um importante fator limitante. Moss e Moss (2004), verificaram um aumento significativo no crescimento e/ou sobrevivência de camarões juvenis de *Litopenaeus vannamei* através da adição de substrato artificial. Portanto, os substratos podem favorecer o crescimento dos animais porque aumentam o espaço disponível para colonização, reduzindo a densidade.

A sobrevivência foi significativamente maior nos mesocosmos sem substratos. No entanto, não há evidências de que o substrato aumenta a mortalidade. Como a diferença na sobrevivência é muito pequena entre os três tratamentos não podemos concluir que os substratos aumentam a mortalidade dos camarões. Outros fatores não controlados podem ter causado essa diferença.

Sex-ratio

Observou-se um predomínio de machos ao longo do experimento e aparentemente o *sex-ratio* não foi afetado pela presença ou tipo de substrato. No entanto, esse parâmetro apresentou grande variabilidade entre os mesocosmos, o

que dificulta a obtenção de diferenças significativas nos testes estatísticos. Estudos anteriores mostraram que em algumas populações selvagens, há mais fêmeas do que machos (Odinetz-Collart, 1987; 1988; 1991b; 1993; Silva *et al.*, 2005; Sampaio *et al.*, 2007). Por outro lado, Silva *et al.*, 2002 a e b) observaram maior frequência de machos em outras populações selvagens. Em viveiros e mesocosmos, observou-se que a proporção de machos aumenta significativamente ao longo do tempo (Moraes-Valenti *et al.*, 2010; Preto *et al.*, 2010). Em tanques-redes foi observado *sex-ratio* variando entre 0,8 e 1,2 (Marques *et al.*, 2012). Portanto, razão sexual pode variar em diferentes populações e/ou pode ser afetada por fatores ambientais (Maciel e Valenti, 2009). No entanto, os mecanismos que afetam a proporção sexual em *M. amazonicum* ainda precisam ser elucidados.

Conclusão

Os resultados obtidos indicaram que a presença de diferentes tipos de substratos altera as frequências morfológicas dos machos e a frequência dos estágios de maturação das fêmeas do camarão-da-amazônia. Além disso, afeta o crescimento de machos e fêmeas. Portanto, foi confirmada a hipótese de que o desenvolvimento da estrutura populacional de *Macrobrachium amazonicum* é afetada pela heterogeneidade de habitats.

Referências

Anger K, HAYD L (2009) From lecithotrophy to planktotrophy: ontogeny of larval feeding in the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquatic Biology*, 7:19-30

APHA (American Public Health Association) (1998) Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Work Association, Water Environmental Association, 20th ed. Washington

Azim ME, Verdegem M, Wahab M, Van Dam A, Beveridge M (2001) Periphyton boosts production in pond aquaculture systems. *Aquac Res* 32: 57-61

Azim ME, Rahaman MM, Wahab MA, Asaadaa T, Little DC, Verdegem MCJ (2004) Periphyton-based pond polyculture system: a bioeconomic comparison of on-farm and on-station trials. *Aquac Res* 234: 381–396

Baer SG, Siler ER, Eggert SL, Wallace JB (2001) Colonization and production of macroinvertebrates on artificial substrata: upstream-downstream responses to a leaf litter exclusion manipulation. *Freshwater Biology* 46: 347-365

Begon M, Townsend CR, Harper JL (2006) Ecology from individuals to ecosystems, 4th edn. Blackwell, Oxford

Bertalanffy LVON (1938) A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10:181-213

Bialezki A, Nakatani K, Baumgartner G, Bond-Buckup G (1997) Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) In: Leopoldo's Inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Paraná river, Porto Rico, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool* 14:379–390

Bond G, Buckup L (1982) O ciclo reprodutor de *Macrobrachium borelli* (Nobili, 1836) e *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) e suas relações com a temperatura. *Rev Brasil Biol* 42: 473-483

Bratvold D, Browdy C (2001) Effects of sand sediment and vertical surfaces (Aquamats™) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture* 195: 81-94

Carvalho EM, Uieda VS (2004) Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. Rev Bras Zool 21: 287-293

Coelho PA, Ramos-Porto MR (1985) Camarões de água doce do Brasil: distribuição geográfica. Rev Bras Zool 2:405–410

Coyle SD, Alston DE, Sampaio CMS (2010) Nursery Systems and Management. In: NEW, M, B *et al.* Freshwater Prawns Biology and Farming. Oxford: Blackwell Publishing Ltd Cap. 7, p. 108-122

Davant P (1963) Clave para la identificación de los camarones marinos y de río: con importancia económica en el Oriente de Venezuela. Instituto Oceanográfico, Universidade de Oriente (Cuadernos Oceanográficos) 59-113 p

Domingos JA, Vinatea L (2008) Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em sistema de cultivo semi-intensivo. B Inst Pesca 34: 141-150

Englund G, Krupa JJ (2000) Habitat use by crayfish in stream pools: influence of predators, depth and body size. Freshwater Biology 43: 75-83

Flexa CE, Siva, KCA, Cintra IHA (2005) Morfometria do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), no município de Cametá – Pará. Boletim Técnico-Científico do Cepnor 5: 41-54

Freire JL, Marques CB, Bentes BS (2012) Estrutura Populacional e Biologia Reprodutiva do Camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) Capturado em um Estuário da Região Norte, Bragança-Pará. Braz J Aquat Sci Technol 16(2):65-76

García-Dávila CR, Alcantara F, Vasquez E, Chujandama M (2000) Biologia reprodutiva do camarão *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) em igarapés de terra firme da Amazônia Peruana. Acta Amazonica 30: 653-664

Getachew T (1993) The composition and nutritional status of the diet of *Oreochromis niloticus* in Lake Chamo, Ethiopia. J. Fish Biol 42: 865-874

Hartnoll RG (1982) Growth. In: E.D. Bliss (ed.). The biology of Crustacea: embryology, morphology and genetics. Academic Press, New York 2: 11-196

Holthuis LB (1952) A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Américas, II: The Subfamily Palaemoninae. Occ. Pap.Aüan Hancock Found 12:1-396

Holthuis LB (1966) A collection of freshwater prawns (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from Amazonia, Brazil, collected by Dr. G. Marlier. *Bull Inst R Sci Nat Belg* 42:1–11

Hose GC, Walter T, Brooks AJ (2007) Short-term colonization by macroinvertebrates of cobbles in main channel and inundated stream bank habitats. *Hydrobiologia* 592: 513-522

Hurlbert SH (1984) Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54: 187-211

Ibrahim ANAF (2011) Controle social do crescimento do camarão da amazônia *Macrobrachium amazonicum*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura 39 p

Ismael D, New MB (2000) Biology. In: NEW, M. B, VALENTI, W. C. (ed.) *Freshwater Prawn Farming: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Londres, Blackwells, p18-40.

Karplus I, Hulata G, Ovadia D, Jaffe R (1992) Social control of growth in *Macrobrachium rosenbergii*. III. The role of claws in bull-runt interactions. *Aquaculture* 105: 281-296

Karplus I (2005) Social control of growth in *Macrobrachium rosenbergii* (de Man): a review and prospects for future research. *Aquac Res* 36:238–254

Kensley, B. and Walker, I. 1982. Palaemonid Shrimps from the Amazon Basin, Brazil (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 362:1-27.

Keppeler EC, Valenti WC (2006) Effects of selective harvest of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*, on pond water, sediment and effluent. *Acta Limnologica Brasiliensia* 18: 109-119

Lima JB (2002) Impactos das Atividades Antrópicas sobre a Comunidade dos Macroinvertebrados Bentônicos do rio Cuiabá no Perímetro Urbano das cidades de Cuiabá e Várzea Grande – MT. Tese (Doutorado) (Ciências da área Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos 143 p

Lopez B, Pereira G (1996) Inventario de los crustáceos decapodos de las zonas alta y media del delta del Rio Orinoco, Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*, 16: 45-64

Lucena-Fredou F, Rosa JS, Silva MCN, Azevedo EF (2010) Population dynamics of the River prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu island (Amazon estuary). *Crustaceana* 83: 277-290

Maciel CR, Valenti WC (2009) Biology, fisheries and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. *Nauplius* 17:61–79

Magalhães C, Walker I (1988) Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea). *Crustaceana* 55: 279-292

Magalhães C (2000) Diversity and abundance of decapod crustaceans in the Rio Negro basin, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. p 56-62. *In*: P. W

Magalhães C (2001) Diversity, distribution, and habitats of the macro-invertebrate fauna of the Río Paraguay and Río Apa, Paraguay, with emphasis on decapod crustaceans. *In*: Chernoff B, Willink PW, Montambault JR (eds) A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Río Paraguay Basin, Alto Paraguay, Paraguay. *RAP Bull Biol Assess* 19. Conservation International, Washington, DC, p 68–72

Magalhães C (2002) A rapid assessment of the decapod fauna in the Rio Tahuamanu and Rio Manuripi Basins, with new records of shrimps and crabs for Bolivia (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae, Sergestidae, Trichodactylidae). *Rev Bras Zool* 19: 1091-1103

Mainardes-Pinto CSR (1988) Criação de tilápias. *B. Téc. Inst. Pesca*, São Paulo 10: 1-13

Marques HLA, Moraes-Valenti PMC (2012) Current status and prospects of farming the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) and the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in Brazil. *Aquac Res* 43: 984-992

Martins J.J, Ribeiro K, Rangel-Figueiredo T, Coimbra J (2007) Reproductive cycle, ovarian development and vertebrate-type steroids profile in the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Crustacean Biology* 27(2):220-228

Matos DMS, Pivello VR (2009) O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres – alguns casos brasileiros. *Ciência e Cultura* 61(1): 27-30

Melo, AG (2003) Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil. São Paulo, Edições Loyola/Museu de Zoologia, USP 430 p

Melo AS, Froehlich CG (2004) Substrate stability in stream: effects of stream size, particle size and rainfall on frequency of movement and burial of particles. *Acta Limnologia Brasiliensia* 16 (4): 381-390

Milstein A, Peretz Y, Harpaz S (2009.) Culture of organic tilapia to market size in periphyton based ponds with reduced feed inputs. *Aquac Res* 40:55-59

Montoya JV (2003) Freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* associated with roots of *Eichhornia crassipes* canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. *Revista Brasileira Zoologia*. v.19, n4, p 1169-1176

Moraes-Rioldades PMC, Valenti WC (2004) Morphotypes in male Amazon River prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture* 236:297–307

Moraes-Rioldades PMC, Valenti WC (2006) Effects of stocking density on population structure of Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* raised in ponds. *In: Abstracts of Aquaculture 2006, Firenze*, p. 629. Baton Rouge, World Aquaculture Society

Moraes-Valenti PMC, Morais PA, Preto BL, Valenti WC (2010) Effect of density on population development in the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquatic Biology* 9: 291-301

Moss KRK, Moss SM (2004) Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society* 35, 537-542

Nagamine CM, Knight AW (1980) Development, maturation, and function of some sexually dimorphic structures of malaysian prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 39: 141-152

Odinetz-Collart O (1987) La pêche crevettière de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas- Tocantins après la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). *Rev Hydrobiol Trop* 20:131–144

Odinetz-Collart O (1988) Aspectos ecológicos do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) no Baixo Tocantins (PA-Brasil). *Mem Soc Cienc Nat La Salle* 48(Suppl):341–353

Odinetz-Collart O (1991a) Stratégie de reproduction de *Macrobrachium amazonicum* en Amazonie Centrale. *Crustaceana* 61:253–270

Odinetz-Collart O (1991b) Tucuruí Dam and the populations of the prawn *Macrobrachium amazonicum* in the lower Tocantins (PA-Brasil): a four year study. Arch Hydrobiol 122:213–227

Odinetz-Collart O, Moreira LC (1993) Potencial pesqueiro do camarão *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro). Amazoniana 12: 399-413

Odinetz-Collart O, Magalhães C (1994). Ecological constraints and life history strategies of Palaemonid prawns in Amazônia. Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart, 25: 2460-2467

Odinetz-Collart O, Rabelo H (1996) Variation in egg size of the freshwater prawn *Macrobrachim amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). Jour. Crustacean Biol., Laurence, 16 (4): 684-688

Papa LP, Franceschini-Vicentini IB, Ribeiro K, Silva MS, Vicentini CA, Valenti WC (2004) Morphotypic differentiation of males of the freshwater prawn *Macrobrachium amazonicum*: changes in the hepatopancreas and reproductive system. In: Abstracts of Aquaculture Honolulu, p. 455 Baton rouge, World Aquaculture Society

Pettovello AD (1996) First record of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) in Argentina. Crustaceana 69:113–114

Pileggi LG, Mantelatto FL (2010) Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. Invertebrate Systematics 24: 194-208

Poff NL (1997) Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. Journal of the North American Benthological Society, 16 (2): 391-409

Preto BL, Kimpara JM, Moraes-Valenti, PMC, Valenti WC (2010) Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. Aquaculture 307: 206-211

Proença CD (2012) Aplicação de indicadores e índices para avaliar a sustentabilidade ambiental em um sistema de aquicultura integrado e multitrófico, com diferentes substratos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura 33p

Ramos-Porto M, Coelho PA (1990) Sinopse dos crustaceos decapodos brasileiros (Familia Palaemonidae). Anais da Sociedade Nordestina de Zoologia 3(3):93-111

Ribeiro K (2006) Aspectos estruturais do hepatopâncreas, desenvolvimento ovocitário e caracterização hormonal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* durante as fases de maturação gonadal. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura 109p

Rodríguez G (1982) Fresh-water shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Orinoco basin and the Venezuelan Guayana. Journal of Crustacean Biology 2:378-391

Romero ME (1982) Preliminary observations on potential of culture of *Macrobrachium amazonicum* in Venezuela. p. 411-416. In: M. B. New (ed.) Giant Prawn Farming. Amsterdam, Elsevier

Sampaio CMS, Silva RR, Santos JA, Sales SP (2007) Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). Braz J Biol 67:551–559

Sampaio CMS, Soares-Filho AA, Araujo-Neto MP, Feitosa LS, Silva LP, Chaves EC (2008) Conteúdo do trato digestório de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae) capturado em ambiente natural. In: Abstracts of Aquaciência Maringá np

Santos JA, Sampaio CMS, Soares Filho AA (2006) Male population structure of the amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) in a natural environment. Nauplius 14:55-63

Silva KCA, Souza RAL, Cintra IHA (2002a) Camarão-cascudo *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no município de Vigia-Pará-Brasil. Bol Téc Cient CEPNOR 2:41–73

Silva KCA, Souza RAL, Cintra IHA (2002b) Espécies de camarões capturadas em áreas estuarinas no município de Vigia – Pará – Brasil. Bol Téc Cient CEPNOR 2:81–96

Silva KCA, Cintra IHA, Muniz APM (2005) Aspectos bioecológicos de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) a jusante do reservatório da hidrelétrica de Tucuruí –Pará. Bol Téc Cient CEPNOR 5:55–71

Silva GMF, Ferreira MAP, Von Ledebur EICF, Rocha RM (2009) Gonadal structure analysis of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) from a wild population: a new insight on the morphotype characterization. *Aquaculture Research* 40:798-803

Shokita S (1973) Abbreviated larval development of the fresh-water prawn *Macrobrachium shokitai* Fujino et Baba (Decapoda, Palaemonidae) from Iriomote Island of the Ryukyus. *Annotationes Zoologicae Japonense* vol. 46 nº 2 p 111-126
Souza MC, Araujo Neto MP, Feitosa LS, Rodrigues RL, Sampaio CMS, Soares Filho, AA (2007) Conteúdo do trato digestório de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *In: Anais da 59ª Reunião Anual da SBPC*. Belém, np

Sokal RR, Rohlf FJ (1995) *Biometry*, 3rd edn. Freeman, New York

Tadesse Z (1999) The nutritional status and digestibility of *Oreochromis niloticus* L. diet in Lake Langeno, Ethiopia. *Hydrobiologia* 416: 97-106

Thompson F, Abreu P, Wasielesky W (2002) Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture* 203: 263-278

Tidwell JH, Coyle S, Weibel C, Evans J (1999) Effects and interactions of stocking density and added substrate on production and population structure of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of the World Aquaculture Society* 30: 174-179

Tidwell JH, Coyle SD, Vanarnum A, Weibel C (2000) Production response of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* to increasing amounts of artificial substrate in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 31: 452-458

Tidwell JH, Coyle S, Arnum AV, Weibel C, D'Abramo L (2001) Use of artificial substrates to maximize production of freshwater prawns in temperate climates. *World Aquaculture* 32: 40-42

Tidwell J, Coyle S (2008) Impact of substrate physical characteristics on grow out of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in ponds and microcosm tanks *Journal of the World Aquaculture Society* 39 (3): 406-413

Townsend CR, Begon M, Harper JL (2010) *Fundamentos em ecologia*. 3ed. Porto Alegre, Artmed

Uddin MS, Farzana A, Fatema MK, Azim ME, Wahab MA, Verdegem, MCJ (2007a) Technical evaluation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) monoculture and

tilapia–prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in earthen ponds with or without substrates for periphyton development. *Aquacultura* 269: 232-240

Uddin MS, Rahman SMS, Azim ME, Wahab MA, Verdegem MCJ, Verreth JAJ (2007b) Effects of stocking density on production and economics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in periphyton-based systems. *Aquaculture Research* 38: 1759-1769

Uddin MS, Milstein A, Azim ME, Wahab MA, Verdegem MCJ, Verreth J (2008) Effects of stocking density, periphyton substrate and supplemental feed on biological processes affecting water quality in earthen tilapia–prawn polyculture ponds. *Aquaculture Research* 39: 1243-1257

Valência, DM, Campos, MR (2007) Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa* 1456:1-44

Valenti WC (1985) Cultivo de camarões de água doce. São Paulo, Nobel 82p

Valenti WC (1987) Comportamento reprodutivo de camarões de água doce. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA 5, 1987, Jaboticabal. Anais. Jaboticabal p 195-202

Vergamini FG, Pileggi LG, Mantelatto FL (2011) Genetic variability of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Contributions to Zoology* v. 80, p. 67-83

Volpato GL, Hoshino K (1984) Adaptive process derived from the agonistic behavior in the freshwater prawn *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897). *Bol Fisiol Anim Univ São Paulo* 8:157–163

Walker I, Ferreira MJN (1985) On the population dynamics and ecology of the shrimp species (Crustacea, Decapoda, Natantia) in the Central Amazonian river Tarumã-Mirim. *Oecologia* nº 66, p. 264-270

Ward JV (1992) Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat. New York, John Wiley & Sons Inc., 438p

Wong JTY (1989) Abbreviated larval development of *Macrobrachium hainanense* (Parisi 1919) reared in laboratory (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Crustaceana* vol. 56, nº1 p18-30