

**JOÃO PAULO VIANA DE LIMA**

**DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE LETAL E LARVICULTURA  
DO CAMARÃO PITU *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) SOB  
DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

**RECIFE**

**2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE LETAL E LARVICULTURA**  
**DO CAMARÃO PITU *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) SOB DIFERENTES**  
**SISTEMAS DE CULTIVO**

**João Paulo Viana de Lima**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Doutor.

**Prof. Dr. Eudes de Souza Correia**  
Orientador

**Recife, Fevereiro/2014**

Ficha catalográfica

L732d Lima, João Paulo Viana de  
Determinação da salinidade letal e larvicultura do  
camarão pitu *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758)  
sob diferentes sistemas de cultivo / João Paulo Viana de  
Lima. – Recife, 2014.  
147 f. : il.

Orientador (a): Eudes de Souza Correia.  
Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e  
Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, 2014.  
Inclui anexo(s) e referências.

1. Pitu 2. Camarão de água doce 3. Larvicultura  
4. Salinidade 5. Sistemas de cultivo I. Correia, Eudes de  
Souza, orientador II. Título

CDD 639.3

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE LETAL E LARVICULTURA**  
**DO CAMARÃO PITU *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) SOB DIFERENTES**  
**SISTEMAS DE CULTIVO**

**João Paulo Viana de Lima**

Tese defendida e julgada APROVADA pela Banca Examinadora, para obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, em 28/02/2014.

---

**Prof. Dr. Eudes de Souza Correia** (Orientador)  
Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Luiz Vinatea Arana** (Membro externo)  
Departamento de Aquicultura  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

**Dr. Lourinaldo Barreto Cavalcanti** (Membro externo)  
Diretoria de Pesquisa – Aquicultura  
Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA

---

**Prof. Dra. Roberta Borda Soares** (Membro interno)  
Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes** (Membro interno)  
Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

À **Deus**, pela preciosa vida

**OFEREÇO.**

Aos meus pais,

**João José e Telma**, por todo amor, carinho, confiança e dedicação;

Aos meus irmãos,

**André Luiz, João Neto e Luiz Gustavo**, pela ajuda, amizade e incentivo a todo o momento,

Ao meu amor,

**Vanessa Carvalho**, por sua paciência, cumplicidade e carinho de sempre,

**DEDICO.**

## **Agradecimentos**

Ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), através do seu Programa de Pós-Graduação, pela oportunidade e pelo apoio para realização do Curso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura (PPG-RPAq), pelo apoio para realização do Curso de Doutorado.

Ao Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) da UFRPE, em nome de todos os professores e funcionários, pela ótima acolhida nestes doze anos de convivência (graduação, mestrado e doutorado) e excelente contribuição para minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE pelo financiamento das pesquisas.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, pela concessão da autorização para captura e transporte dos camarões pitu (Licença nº 35782-2 MMA/ICMBio/SISBIO).

À Estação de Aquicultura Continental Professor Johei Koike – DEPAq/UFRPE, em nome do seu Coordenador, MSc. Augusto José Nogueira, pelo uso das instalações.

Ao gerente do Departamento de Assistência Técnica (DEAT) do Instituto Agronômico de Pernambuco, B.Sc. Minúcio Monteiro Filho, e ao pesquisador, Dr. Lourinaldo Barreto Cavalcanti, pelo empenho e apoio dispendidos, essenciais para possibilitar a minha liberação junto a este Instituto.

Aos membros da Banca Examinadora, titulares e suplentes, pelas críticas e sugestões que contribuíram para melhorar a qualidade deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Eudes de Souza Correia, grande orientador e amigo, por sua confiança e companheirismo, efetiva participação no experimento, ensinamentos e grande ajuda (nos momentos que mais precisei), que foram de suma importância para minha formação.

Ao Laboratório de Limnologia do DEPAq/UFRPE, e em nome do Prof. Dr. William Severi e todos os seus colaboradores, pelo apoio na realização das análises químicas da água.

Ao Laboratório de Produção de Alimento Vivo (LAPAVI) do DEPAq/UFRPE, e em nome do Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez e colaboradores, pelo fornecimento das microalgas.

Ao Prof. Dr. Humber Agrelli, Laboratório de Modelagem Estatística Aplicada (MOE), e ao Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes, Laboratório de Carcinicultura (LACAR), pelos esclarecimentos e ensinamentos relacionados à parte estatística.

Ao Sr. Everaldo, pescador do município de Barreiros-PE, pela grande ajuda durante expedições para captura das fêmeas ovígeras do camarão pitu.

Aos colegas do Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola (LAPAq), Ugo Lima, Rivaldo Siqueira, Rafael Liano, Bruna Carvalho, Xélen Wambach, Felipe Kássio, Rodolfo de Paula, Marcony Vasconcelos, Bruno Lucio, Reginaldo Carneiro, Everton Pires, Johnson Uei, Pedro Vinicius, Daniel Gregório e Diego Ferreira, pela amizade, companheirismo e ajuda durante a montagem e execução dos experimentos. Em especial a Fabiana Penalva e Maria Gabriela Ferreira, pelo grande apoio e amizade, essenciais durante todo o período.

Aos amigos da Pós-graduação, Suzianny Cabral, Luis Otávio, Dijaci Araújo, Isabela Bacalhau, Thales Ramón, Larissa Neves, Alexandre Duarte, Emanuell Felipe, José Cláudio, Tatiane do Nascimento, Reginaldo Florêncio, Ricardo Luís, Bruna Cáritas, Irã Menezes, e muitos outros que não tive como citá-los, mas que, de certa forma, contribuíram cada um com sua importância e seu simbolismo de amizade, fundamentais durante todo o curso.

À minha futura esposa, Vanessa Carvalho, por sua compreensão, companhia, ajuda e aconchego, imprescindíveis nos momentos de maior aflição.

Aos meus familiares, em especial, aos meus pais e irmãos, que entenderam e me apoiaram a cada minuto e em cada ausência, e sempre estavam dispostos a me ajudar no que fosse preciso.

E, principalmente, a Deus, que está sempre presente em todos os momentos da minha vida, guiando-me e orientando nas ocasiões mais difíceis.

*“O covarde nunca tenta,  
O fracassado nunca termina, e  
O vencedor nunca desiste.”*

**Norman Vicent Peale**

*“...Se fosse fácil achar o caminho das pedras,  
tantas pedras no caminho não seria ruim.”*

**Humberto Gessinger**

## Resumo

O camarão pitu *Macrobrachium carcinus* tem sido alvo constante da exploração comercial da pesca artesanal em diversos países, inclusive no Brasil. Nas últimas décadas estas capturas declinaram significativamente, devido à poluição e destruição dos ecossistemas naturais e à sobrepesca. O *M. carcinus* se adapta bem ao confinamento e produz ovos e larvas a partir de fêmeas fecundadas em laboratório. Entretanto, assim como em outros palemonídeos, a larvicultura é o ponto de estrangulamento da produção. Os principais problemas relatados são comportamento agressivo, longo desenvolvimento larval e baixa sobrevivência. Desta forma, objetivou-se com este trabalho aperfeiçoar o processo de produção de pós-larvas do pitu *M. carcinus*, ao testar diferentes salinidades e sistemas de cultivo. Fêmeas ovígeras de *M. carcinus* foram capturadas no ambiente natural e levadas ao laboratório para incubação dos ovos e posterior eclosão das larvas. Após a eclosão, as larvas recém-eclodidas em água doce, foram aclimatadas às salinidades 16 e 20‰ e criadas durante 20-22 dias (*Pré-cultivo*), até o estágio Zoea VI ( $Z_{VI}$ ) quando foram submetidas aos experimentos. Para avaliar a salinidade mais adequada, foram realizados dois experimentos de estresse salino: *Teste 1* [0, 4, 8, 12, 16 (controle), 20, 24 e 28‰], durante 96 horas, e *Teste 2* [0, 4, 8, 12, 16, 20 (controle), 24, 28, 32, 36 e 40‰], durante 120 horas. Nos dois testes, em poucas horas foi observado 100% de mortalidade nas larvas  $Z_{VI}$  de *M. carcinus* submetidas à salinidade 0 e 4‰. As larvas criadas em salinidade 20‰ obtiveram melhores resultados de sobrevivência. Com base nos modelos gerados, uma faixa segura para as larvas  $Z_{VI}$  de *M. carcinus* seria entre 18 e 24‰. Para avaliação do sistema de larvicultura mais adequado, as larvas de *M. carcinus* ( $Z_{VI}$ ) foram criadas em quatro sistemas de cultivo, dois abertos (*Água Verde*–AV e *Água Clara*–AC) e dois fechados (*Bioflocos*–BFT e *Biofiltro*–SFD). A sobrevivência média durante a larvicultura do *M. carcinus* ( $Z_{VI}$  a PL) com os sistemas BFT, AC, AV e SFD foi 14,9; 28,8; 35,3 e 57,1%, respectivamente. A produção de pós-larvas e a taxa de metamorfose obtida no BFT (8,4 PL/L; 33,7%) foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos observados no SFD (2,8 PL/L; 11,2%) e AV (1,3 PL/L; 5,2%), e iguais aos obtidos no AC (5,6 PL/L; 22,5%). O desenvolvimento das larvas no BFT foi mais rápido em relação aos demais sistemas. Ao final do experimento, as larvas criadas no SFD obtiveram menor ( $P < 0,05$ ) *Índice de Desenvolvimento Larval* – LSI (11,1) que os demais sistemas de cultivo AV, AC e BFT (12,4; 12,7 e 13,0, respectivamente). Desta forma, o SFD foi o mais adequado para a larvicultura do *M. carcinus* ( $Z_{VI}$  a PL), com melhores resultados de sobrevivência e de qualidade da água.

**Palavras-chave:** pitu, camarão de água doce, larvicultura, salinidade, sistemas de cultivo

## Abstract

The painted river prawn *Macrobrachium carcinus* has been exploited commercially through artisanal fishing in several countries, including Brazil. In recent decades these catches have declined significantly due to pollution, destruction of natural ecosystems and over-fishing. *M. carcinus* adapts well to confinement to produce eggs and larvae from females fertilized in laboratory. However, as in other palemonids, the hatchery is the bottleneck of the production. The main disadvantages are reported as aggressive behavior, long larval development and low survival. Thus, the aim of this work was to improve the post-larvae production process of *M. carcinus*, to test different salinities and rearing systems. Ovigerous females of *M. carcinus* were captured in the wild and brought to the laboratory for eggs incubation and subsequent larvae hatching. After hatching, the larvae newly hatched in freshwater, were acclimated to salinities 16-20‰ and grown for 20-22 days (*Pre-culture*), until VI Zoea ( $Z_{VI}$ ) stage when they were submitted to the experiments. To evaluate the most appropriate salinity, two salt stress experiments were conducted: *Test 1* [0, 4, 8, 12, 16 (control), 20, 24 and 28‰], for 96 hours, and *Test 2* [0, 4, 8, 12, 16, 20 (control), 24, 28, 32, 36 and 40‰] for 120 hours. In both tests, in a few hours 100% larval mortality was observed in  $Z_{VI}$  *M. carcinus* larvae submitted to salinity 0-4‰. The larvae reared in 20‰ salinity had better survival rates. Based on the generated models, a safe range for  $Z_{VI}$  larvae of *M. carcinus* would be between 18 and 24‰. To review the most appropriate hatchery system, larvae of *M. carcinus* ( $Z_{VI}$ ) were reared in four culturing systems, two open (*Green Water-AV* and *Clear Water-AC*) and two closed (*Biofloc-BFT* and *Biofilter-SFD*). Mean survival during the larval rearing of *M. carcinus* ( $Z_{VI}$  to PL) in the BFT, AC, AV and SFD systems were 14.9, 28.8, 35.3 and 57.1%, respectively. The postlarval production and metamorphosis rate obtained in the BFT (8.4 PL/L, 33.7%) was higher ( $P<0.05$ ) than observed in the SFD (2.8 LP/L, 11.2%) and AV (1.3 PL/L, 5.2%) and those obtained in the same AC (5.6 PL/L, 22.5%). The BFT larval development was faster when compared to other systems. At the end of the experiment, the larvae reared in SFD had lower ( $P<0.05$ ) *Larval Stage Index* – LSI (11.1) than the other culture systems, as AV, AC and BFT (12.4, 12.7 and 13.0, respectively). Thus, the SFD was the most suitable for *M. carcinus* ( $Z_{VI}$  to PL) hatchery, with better results of survival and water quality.

**Key words:** painted river prawn, freshwater prawn, hatchery, salinity, culture systems

## Lista de figuras

Figura 1 – Exemplar adulto de <i>Macrobrachium carcinus</i> (Linnaeus, 1758).....	16
Figura 2 – Distribuição geográfica do <i>M. carcinus</i> no Brasil.....	17
Figura 3 – Fêmea ovígera de <i>M. carcinus</i> (Linnaeus, 1758).....	18
Figura 4 – Ciclo de vida do <i>Macrobrachium carcinus</i> .....	19
Figura 5 – Estágio Zoea I – Olhos grandes e sésseis, carapaça lisa sem espinhos, rostro reto sem dentes, sexto somito contínuo com o telson em forma triangular.....	25
Figura 6 – Estágio Zoea II – Olhos pedunculados; carapaça com um espinho supra-orbital situado dorso-lateralmente e espinho pterigostomial no canto antero-ventral, rostro reto sem dentes.....	25
Figura 7 – Estágio Zoea III – Rostro com um dente dorsal, abdome com o sexto somito separado do telson, em forma triangular com apenas o exopodito do urópodo presente.....	25
Figura 8 – Estágio Zoea IV – Rostro com dois dentes dorsais, carapaça com o espinho antenal presente situado imediatamente acima do espinho pterigostomial, telson ainda em forma de leque e urópodo com exopodito e endopodito presentes.....	26
Figura 9 – Estágio Zoea V – Telson mais alongado, com formato aproximadamente retangular, urópodos com exopodito e endopodito com maior número de cerdas plumosas.....	26
Figura 10 – Estágio Zoea VI – Na parte ventral do abdome surgem pequenos brotos que constituem os pleópodos.....	26
Figura 11 – Estágio Zoea VII – Os pleópodos birremes, com exopodito e endopodito, ainda rudimentares sem cerdas plumosas.....	27
Figura 12 – Estágio Zoea VIII – Pleópodos bem mais desenvolvidos com exopodito e endopodito bem evidentes e presença de cerdas plumosas apenas no exopodito.....	27
Figura 13 – Estágio Zoea IX – Exopodito e endopodito dos pleópodos com cerdas plumosas e presença do apêndice interno em todos exceto no primeiro pleópodo.....	27
Figura 14 – Estágio Zoea X – Desaparecimento do espinho no bordo látero-posterior do quinto somito no abdome, rostro com 1 a 3 dentes dorsais.....	28
Figura 15 – Estágio Zoea XI – Rostro com 4-7 dentes (dentes sobre a metade da margem superior), flagelo interno antenular 3 segmentado.....	28
Figura 16 – Estágio Zoea XII – Pós-larva – Rostro com 10 dentes na margem dorsal, 0-3 dentes na margem ventral; Exopodito e Endopodito dos urópodos com 50 e 40 cerdas; Telson com 1 par de espinhos dorsais.....	28

## Lista de Figuras Artigo científico I

Figura 1. Salinidade letal ( $SL_{50}$ ), valores inferiores (A) e superiores (B), para larvas de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> (Zoea VI), criadas inicialmente em salinidade 16‰ e submetidas a variações bruscas durante 96h de exposição.....	80
Figura 2. Salinidade letal ( $SL_{50}$ ), valores inferiores (A) e superiores (B), para larvas (Zoea VI) de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> , criadas inicialmente em salinidade 20‰ e submetidas a variações bruscas durante 120h de exposição.....	81
Figura 3. Sobrevivência de larvas (Zoea VI) de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> criadas em salinidade 16‰ e submetidas a mudanças de salinidade ao longo de 96h.....	82
Figura 4. Sobrevivência de larvas (Zoea VI) de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> criadas em salinidade 20‰ e submetidas a mudanças de salinidade ao longo de 120h.....	83

## Lista de Figuras Artigo científico II

Figura 1 - Configuração básica, panorama superior (A) e frontal (B), utilizada nos sistemas experimentais para o cultivo das larvas de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> – caixa reservatório (50 litros) e unidades experimentais (10 litros), interligadas com circulação de água por “air-lift” e bomba submersa.....	133
Figura 2 - Filtro biológico tipo “Dry-Wet”, com substrato de cascalho de concha e corais, utilizado no sistema fechado dinâmico – SFD.....	134
Figura 3 - Variação média das concentrações de N-amônia total (A) e N-nitrito (B) ao longo de 36 dias de larvicultura do pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> utilizando diferentes sistemas de cultivo. AV – <i>Água Verde</i> , AC – <i>Água Clara</i> ; BFT – <i>Biofoco</i> ; SFD – <i>Biofiltro</i> .....	135
Figura 4 - Sobrevivência das larvas de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> criadas durante 36 dias em diferentes sistemas de cultivo. Barras com letras diferentes na mesma fase indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias de Tukey. AV – <i>Água Verde</i> , AC – <i>Água Clara</i> ; BFT – <i>Biofoco</i> ; SFD – <i>Biofiltro</i> .....	136
Figura 5 - Índice de desenvolvimento larval (LSI) do pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> durante 36 dias de larvicultura com diferentes sistemas de cultivo. AV – <i>Água Verde</i> , AC – <i>Água Clara</i> ; BFT – <i>Biofoco</i> ; SFD – <i>Biofiltro</i> .....	137
Figura 6 - Índice de desenvolvimento larval (LSI) do pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> ao final do cultivo. Barras com letras diferentes na mesma fase indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias de Tukey. AV – <i>Água Verde</i> , AC – <i>Água Clara</i> ; BFT – <i>Biofoco</i> ; SFD – <i>Biofiltro</i> .....	138

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Características dos estágios larvais de <i>Macrobrachium carcinus</i> .....	23
--	----

### Lista de Tabelas Artigo científico I

Tabela 1 – Sobrevivência (%) de larvas de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> (Zoea VI) submetidas a diferentes salinidades e tempos de exposição.....	78
---	----

Tabela 2 – Principais parâmetros do modelo proposto para descrever a sobrevivência das larvas Zoea VI de pitu <i>M. carcinus</i> submetidas à variações de salinidade, em diferentes tempos de exposição.....	79
---	----

### Lista de Tabelas Artigo científico II

Tabela 1 – Formulação e composição das dietas utilizadas na larvicultura do <i>M. carcinus</i> .....	130
--	-----

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água em larvicultura de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> com uso de diferentes sistemas de cultivo.....	131
---	-----

Tabela 3 – Desempenho das larvas de pitu <i>M. carcinus</i> em larvicultura experimental utilizando diferentes sistemas de cultivo, durante 36 dias.....	132
--	-----

## Sumário

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Camarão pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> .....	16
2.2. Desenvolvimento Larval.....	23
2.3. Produção de Pós-larvas no Brasil.....	29
2.4. Sistemas de Larvicultura.....	30
2.5. Importância econômica, social e ecológica.....	34
3. OBJETIVOS.....	36
3.1. Objetivo geral.....	36
3.2. Objetivo específico.....	36
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
5. ARTIGOS CIENTÍFICOS.....	52
5.1. Artigo científico I - Salinidade letal e sobrevivência de larvas de <i>Macrobrachium carcinus</i> Linnaeus, 1758 (Decapoda: Palaemonidae) submetidas a estresse osmótico ( <i>Aquaculture</i> , ISSN 0044-8486).....	52
5.1.1. Resumo.....	53
5.1.2. Introdução.....	55
5.1.3. Material e métodos.....	58
5.1.4. Resultados e discussão.....	63
5.2.5. Agradecimentos.....	67
5.1.6. Referências.....	67
ANEXO 1 – NORMAS DA REVISTA.....	84
5.2. Artigo científico II - Larvicultura de pitu <i>Macrobrachium carcinus</i> Linnaeus, 1758 (Decapoda: Palaemonidae) sob diferentes sistemas de cultivo ( <i>Aquacultural Engineering</i> , ISSN 0144-8609).....	96
5.2.1. Resumo.....	97
5.2.2. Introdução.....	99
5.2.3. Material e métodos.....	103
5.2.4. Resultados e discussão.....	109
5.2.5. Conclusões.....	118
5.2.6. Agradecimentos.....	118
5.2.7. Referências.....	119
ANEXO 2 – NORMAS DA REVISTA.....	139

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões de água doce é um dos setores da aquicultura que mais cresce no mundo, devido principalmente aos avanços na tecnologia de produção e a maior sustentabilidade da atividade (VALENTI e TIDWELL, 2006). Segundo New et al. (2000), a carcinicultura de água doce, é uma forma sustentável de produzir crustáceos com lucratividade, baixo impacto ambiental e ganhos sociais.

As espécies de camarão de água doce mais adequadas ao cultivo são as do gênero *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae). São aproximadamente 200 espécies, distribuídas nas zonas tropicais e subtropicais do mundo. Podem ser encontrados em todos os continentes, exceto na Europa (HOLTHUIS, 1980). Ling e Costello (1979) e Holthius, (1980) listaram várias espécies de *Macrobrachium* com grande potencial para a aquicultura e foram testadas em cultivo na década de 70. Segundo Kutty e Valenti (2010), são 26 espécies que estão sob vários estágios de recrutamento pela aquicultura.

Segundo dados da FAO, em 2008, o Brasil produziu cerca de 6.850 t de camarões de água doce, onde, 6.600 t foram oriundas da pesca artesanal de camarões *Macrobrachium* spp., e 250 t provenientes dos cultivos comerciais de *Macrobrachium rosenbergii* (camarão-da-Malásia) (FAO, 2010). Ainda segundo dados da FAO (2010), a produção mundial de *M. rosenbergii* oriunda da aquicultura cresceu de 17.164 t para 207.779 t entre os anos de 1993 e 2008.

Embora o *M. rosenbergii* tenha sido introduzido desde 1978, com a importação de pós-larvas do Anuenue Fisheries Research Center (AFRC) do Havaí, sua produção comercial somente teve início no Brasil entre os anos de 1982 e 1983 (CAVALCANTI, 1998). Posteriormente, com o domínio das técnicas de reprodução e larvicultura desta espécie, inúmeros projetos foram implantados em todo o país, alcançando-se, assim, um pico de produção de 700 t/ano em 1989, 1993 e 1994 (FAO, 2010).

Com o sucesso da produção em massa do *M. rosenbergii*, as pesquisas com as espécies nativas *M. carcinus* (pitu), *M. acanthurus* (camarão comum) e *M. amazonicum* (camarão canela) ficaram bastante prejudicadas (CAVALCANTI, 1998), pois, embora possuíssem grande potencial para o cultivo, ainda requeriam o desenvolvimento de pesquisas para sua aplicação em escala comercial (COELHO et al., 1978a,b, 1981; CORREIA e CORDEIRO, 1981; CAVALCANTI, 1998).

A partir de 1995 (341 t), após um período de bastante entusiasmo, teve início o declínio da produção nacional de camarão de água doce. De 1998 a 2007 a produção oscilou entre 227 e 450 t/ano (230 t em 2007), devido a diversos fatores como a desorganização da atividade, deficiência na obtenção de pós-larvas e serviços de extensão de qualidade e, principalmente, a falta de investimentos e assistência governamental para carcinicultura de água doce (NEW e KUTTY, 2010).

Desde 2000 o Centro de Aquicultura da UNESP, em Jaboticabal-SP, vem desenvolvendo pesquisas com o *M. amazonicum* e obtendo excelentes resultados, que indicam potencial de cultivo significativo dessa espécie em águas interiores, tanto em sistemas de cultivo semi-intensivo quanto intensivo (VALENTI, 2007; MORAES-VALENTI e VALENTI, 2007). Apesar do ressurgimento do interesse pelo cultivo de espécies endêmicas, particularmente no Brasil, não tem havido progressos recentes em relação ao cultivo do *M. carcinus* e do *M. acanthurus*, devido às técnicas utilizadas na produção ainda não estarem adequadas a estas espécies (KUTTY e VALENTI, 2010).

O conhecimento sobre o *M. carcinus* ainda é bastante escasso. Os principais estudos realizados foram sobre as primeiras tentativas de manutenção de adultos e larvas em laboratório (SOARES, 1956; LEWIS, 1961); descrição do desenvolvimento larval (LEWIS e WARD, 1965; CHOUDHURY, 1971a; COELHO et al., 1982) e embrionário (MÜLLER, 1984; LARA-HERNÁNDEZ, 2006); produção e alimentação de larvas (LEWIS et al., 1966;

SANTOS et al., 2007); nutrição juvenis (CASAS-SÁNCHEZ et al., 1995); resposta a variações de salinidade (CHOUDHURY, 1971b; MOREIRA et al., 1982, 1988; GRAZIANI et al., 1995; HERMAN et al., 1999; CHUNG, 2001; SIGNORET e BRAILOVSKY, 2004); efeitos fisiológicos de metais tóxicos (CORREA, 1987); comportamento reprodutivo (GRAZIANI et al., 1993, 2003; VALENTI et al., 1986; MORENO et al. 2000; LARA e WEHRTMANN, 2009); cultivo em viveiros (COELHO et al., 1978 a,b; MAGO-LECCIA, 1995; COELHO e LIMA, 2003); pesca e capturas (SILVA et al., 1981; MONTENEGRO et al., 2001); fecundidade, maturação e curva de crescimento (LOBÃO et al., 1985, 1986; VALENTI et al., 1994) e distribuição do *M. carcinus* (ANDERSON e FILLINGAME, 1980; GAMBA, 1982; BOWLES et al., 2000; MEJÍA-ORTIZ et al., 2001; POMPEU et al., 2006).

A grande problemática na produção de pós-larvas de *M. carcinus* está no seu longo desenvolvimento larval (45 a 70 dias) (VALENTI, 1985; HERMAN et al., 1999; PINHEIRO et al., 2004; SANTOS et al., 2007) e comportamento agressivo, o que acarreta uma baixa sobrevivência (10-18%) e produtividade (6-10 pós-larvas/L) (CORREIA e CORDEIRO, 1981, LOBÃO e ROJAS, 1985; GRAZIANI et al. 1993; HERMAN et al., 1999; ABREU et al., 2004; KUTTY e VALENTI, 2010).

Segundo Kutty e Valenti (2010), apenas parte da tecnologia estabelecida para a larvicultura do *M. rosenbergii* pode ser empregada na produção de larvas do *M. carcinus*. Estudos sobre a biologia, requerimentos nutricionais e características eco-fisiológicas do *M. carcinus* são necessários para se obter sucesso na larvicultura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Camarão pitu *Macrobrachium carcinus*

No Brasil, há quatro espécies de camarões de água doce de real interesse econômico: as nativas, *Macrobrachium carcinus* (LINNAEUS, 1758), *M. acanthurus* (WIEGMANN, 1836) e *M. amazonicum* (HELLER, 1862), que são bastante exploradas pela pesca artesanal e tem grande potencial para aquicultura; e a espécie exótica, *M. rosenbergii* (De MAN, 1879), introduzida no país, no final dos anos 70, para ser explorada a partir de cultivos comerciais.

O *M. carcinus* (*Painted river prawn* – nome inglês na FAO) (Figura 1), conhecido no Nordeste do Brasil como “pitu” e, em outras regiões, como “lagosta de São Fidelis” ou “lagostinha do Ribeira”, é uma espécie que atinge grande tamanho, sendo encontrados exemplares com 230 a 300 mm (♂) e 170 a 265 mm (♀) de comprimento total, e peso de 250 a 340 g (HOLTHUIS, 1952, 1980; PEREIRA e PEREIRA, 1982; LOBÃO e ROJAS, 1985, LOBÃO et al., 1985). Os adultos são facilmente reconhecíveis, apresentando um padrão de faixas longitudinais pretas e amarelas, exclusivo da espécie (MELO, 2003; COELHO et al., 1982). Apesar de ser uma espécie muito fecunda, possui um comportamento agressivo e um longo desenvolvimento larval, o que compromete a sobrevivência das larvas (CORREIA e CORDEIRO, 1981, LOBÃO e ROJAS, 1985; GRAZIANI et al. 1993; ABREU et al., 2004).



Figura 1. Exemplar adulto de *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758).  
Fonte: <http://www.marinespecies.org>

O *M. carcinus* ocorre desde o Sul dos Estados Unidos (Flórida e Texas) e América Central até as Antilhas, Colômbia, Venezuela, Suriname e Brasil (do Amapá ao Rio Grande do Sul) (CHOUDHURY, 1971a; HOLTHUIS, 1980; GRAZIANI et al. 1993) (Figura 2). Grandes populações selvagens estavam presentes nos EUA, México, Venezuela e Brasil, até meados do século passado (KUTTY e VALENTI, 2010). No Brasil, dificilmente é encontrado em locais com altitude superior a 200 m. No entanto, existem registros desta espécie a uma altitude de 140 m (Venezuela) e 535 m (México) acima do nível do mar (GAMBA, 1982; MEJÍA-ORTÍZ et al., 2001). Em Pernambuco, a presença da espécie já foi registrada na literatura nos rios Capibaribe-Mirim, Mamucaba, Jaboatão e Igarassú, além das localidades de Ipojuca e Tamandaré (COELHO et al., 2002).



Figura 2. Distribuição geográfica do *M. carcinus* no Brasil

Fonte: Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção – MMA/Brasil (2008)

Esta espécie apresenta hábito noturno (COELHO, 1963) e tem sua alimentação predominantemente detritívora (LEWIS et al., 1966), habitando preferencialmente locais com

turbulência elevada (correnteza), e substratos rochosos ou arenosos (HOLTHUIS, 1980). Os indivíduos desta espécie preferem viver em áreas com sombras às margens de rios, protegidas embaixo de rochas e da vegetação. É bastante territorialista e agressiva, alimentando-se de tudo que se encontra em seu “território” (KUTTY et al., 2000).

O camarão pitu *M. carcinus* é uma espécie que se adapta bem ao confinamento, produzindo ovos e larvas a partir de fêmeas fecundadas em laboratório (PINHEIRO et al., 2006). Segundo Valenti et al. (1994), o peso de primeira maturação observado em exemplares coletados no Rio Ribeira de Iguape é por volta de 55 g. A reprodução ocorre no curso superior dos rios (POMPEU et al., 2006), principalmente durante a estação chuvosa, no Brasil (fevereiro a março) e em Barbados (maio a outubro) (LEWIS et al., 1966; PEREIRA e PEREIRA, 1982; VALENTI et al., 1986), e se inicia pela transferência do esperma do macho para a fêmea, que fica depositado em uma estrutura especial (espermatóforo) (ABREU et al., 2004). Algum tempo após o acasalamento (25-30 minutos), a fêmea expulsa os óvulos, que são fecundados (MORENO et al., 2000). Os ovos fecundados são incubados pela fêmea e se desenvolvem aderidos aos pleópodos, durante 19-36 dias (LOBÃO, 1997; LOBÃO et al., 1985; GRAZIANI et al., 1993; 2003; MORENO et al., 2000) (Figura 3).



Figura 3. Fêmea ovígera de *M. carcinus* (Linnaeus, 1758). Fonte: O Autor.

As larvas que eclodem em água doce ou salobra (LEWIS e WARD, 1965; CHOUDHURY, 1971a; COELHO et al., 1981, 1982) e são carregadas passivamente até o estuário, onde se desenvolvem (LEWIS et al., 1966; DUGAN e FRAKES, 1973; DUGAN et al., 1975; OBA et al., 1980; GAMBA, 1982). Entretanto, também é observada uma migração das fêmeas ovígeras em direção às regiões costeiras (CHÁVEZ-ALARCÓN e CHÁVEZ, 1976; SILVA et al., 1981). Posteriormente, as pós-larvas e juvenis migram rio acima em direção à água doce, onde se desenvolvem até a fase adulta (FIÈVET, 1999; BENSTEAD et al., 2000; POMPEU et al., 2006) (Figura 4). Segundo HORNE e BEISSER (1977), o camarão pitu *M. carcinus* pode migrar mais de 300 km rio acima.

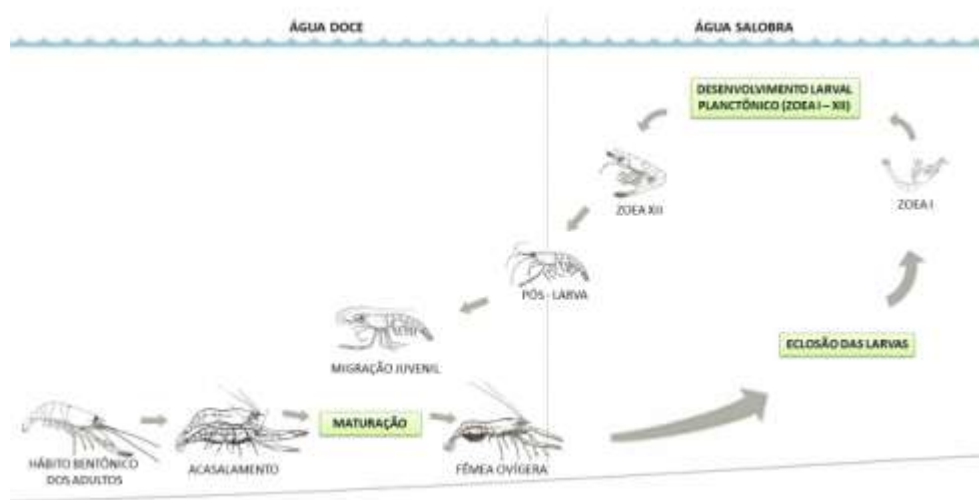


Figura 4. Ciclo de vida do *Macrobrachium carcinus* (Esquema adaptado de Brown et al., 2010).

Fonte: O Autor.

Segundo MAGO-LECCIA (1995), o camarão pitu apresenta algumas vantagens para o cultivo como rusticidade, tolerância à variação de fatores ambientais e ao manejo, além de uma dieta onívora dos adultos. Contudo, embora possua grande potencial, o cultivo do pitu ainda requer o desenvolvimento de estratégias eficazes para sua aplicação em escala comercial (COELHO et al., 1978ab, 1981; CORREIA e CORDEIRO, 1981; CAVALCANTI, 1998) e, assim como em outros palemonídeos, a larvicultura é o ponto de estrangulamento da

produção, pois depende de um rígido controle da qualidade da água, de uma alimentação adequada e um manejo altamente especializado (LOBÃO et al., 1998).

Os cuidados com a qualidade da água na produção de larvas consistem na manutenção das condições favoráveis de salinidade, pH, temperatura, nutrientes e resíduos alimentares. Após 61 dias de cultivo, a larvicultura do *M. carcinus* realizada em um laboratório no Ceará, registrou mortalidade total das larvas no 8º estágio zoea, quando cultivadas em salinidade 12‰ (BORGES et al., 2003). Para desenvolvimento dos estágios larvais do *M. carcinus*, Choudhury (1971b) relata a necessidade de água com salinidade variando de 14 a 17,5‰. Coelho et al. (1981, 1982) registraram que a salinidade de 24‰ seria mais adequada para o cultivo das larvas de *M. carcinus*. Nessa condição, Santos et al. (2007) obtiveram sobrevivências de até 14,8% ao final da larvicultura de *M. carcinus*.

Muitos pesquisadores têm avaliado o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento larval do *M. carcinus* (LEWIS e WARD, 1965; CHOUDHURY, 1971b; MOREIRA et al., 1988; HERMAN et al., 1999). Larvas de *M. carcinus* sobrevivem em água doce apenas por cinco ou seis dias, morrendo sem mudança de estágio (CHOUDHURY, 1971b). Moreira et al. (1982) relataram que larvas zoea I de *M. carcinus* conseguem regular a taxa metabólica em salinidades variando de 7 a 35‰, demonstrando uma boa resposta a amplas flutuações deste parâmetro. Graziani et al. (1995) observaram que a salinidade deve ser elevada de 1 a 2‰/dia, atingindo um máximo de 15‰ ao nono dia. Ao contrário, Herman et al. (1999) observaram que os melhores resultados foram obtidos com salinidade variando de 12 a 21‰. Valenti (1985) recomenda de 20 a 24‰. Estes diferentes resultados sugerem que populações locais se adaptam a diferentes parâmetros ambientais existentes, evidenciando a carência de informações a respeito dos requerimentos de salinidade desta espécie (KUTTY e VALENTI, 2010).

A salinidade é um dos fatores abióticos mais importantes que influencia não só a distribuição e abundância dos crustáceos, mas também sua fisiologia geral e bem-estar (INTANAI et al., 2009; ROMANO e ZENG, 2012). O *M. carcinus* é um hiperregulador forte em água doce ou em baixas salinidades, com ponto isosmótico entre 480-490 mOsm/kg, enquanto que em altas salinidades apresenta uma tendência de ser osmoconformador (MOREIRA et al., 1988; SIGNORET e BRAILOVSKY, 2004). Segundo Signoret e Brailovsky (2004) a salinidade máxima que um adulto de *M. carcinus* suporta é 30‰ (durante 130 horas), fato que impede a sua distribuição em águas salgadas. Por outro lado, as larvas de *M. carcinus* exigem uma salinidade variando de 5 a 15‰ durante o início do desenvolvimento larval, enquanto juvenis e adultos preferem baixas salinidades (0-5‰) (CHUNG, 2001). Isto implica que o comportamento fisiológico desta espécie exige águas salobras com salinidade variada, confirmando a necessidade de ajustes de diferentes salinidades ao longo do seu desenvolvimento ontogenético (GRAZIANI et al., 1995; CHUNG, 2001).

Choudhury (1971a) descreveu pela primeira vez um processo para a produção de pós-larvas em aquários, estudando também a ecologia e a alimentação da espécie. Herman et al. (1999) obtiveram sucesso no cultivo larval, porém a tecnologia utilizada ainda necessitava de maior evolução, principalmente no tocante a alimentação, para atingir um nível comercial satisfatório. Alguns experimentos na fase de engorda foram realizados com sucesso, porém nenhum em escala comercial, atribuindo-se ao *M. carcinus* certas características que dificultam seu cultivo, tais como canibalismo, agressividade, fuga dos viveiros e crescimento lento, quando comparado ao *M. rosenbergii* (CORREIA e CORDEIRO, 1981; CASAS-SÁNCHEZ et al., 1995; MAGO-LECCIA, 1995; COELHO e LIMA, 2003).

A alimentação adequada é um dos fatores de fundamental importância para o sucesso da larvicultura de camarões do gênero *Macrobrachium*. No entanto, as necessidades nutricionais das larvas são pouco conhecidas, as dietas são empíricas e embasadas principalmente na

prática. Geralmente utiliza-se náuplios de artêmia até o 12º dia de cultivo, a partir daí a alimentação é complementada com ração fresca (VALENTI et al., 1998).

Usualmente, no cultivo de larvas de *Macrobrachium* sp., utiliza-se como alimento, nos primeiros estágios larvais, náuplios de *Artemia* sp., considerada um dos mais completos itens para atender aos requerimentos nutricionais de larvas de peixes e camarões, sendo adotado como alimento padrão em larviculturas comerciais (SORGELLOOS et al., 1998). Segundo Lavens e Sorgeloos (1996), outros alimentos têm sido testados, tais como rotíferos, copépodos, cladóceros, nematódeos, larvas trocóforas, dentre outros, como complemento aos náuplios de artêmia, devido a facilidade de cultivo, manejo e reprodução dos mesmos. Nos estágios finais, a alimentação é complementada com uma ração constituída de músculo de peixe, ovos e complementos vitamínicos diversos (VALENTI et al., 1998).

Choudhury (1971b), estudando o efeito de diferentes dietas no cultivo larval do *M. carcinus*, concluiu que a otimização da sobrevivência e desenvolvimento larval pode ser alcançada com uso de náuplios de artêmia, permitindo bom desenvolvimento larval até o 6º estágio zoea. Segundo Kutty et al. (2000), os primeiros estágios larvais de *M. carcinus* devem ser alimentados com náuplios de artêmia (4-5 náuplios por mL). Após 10-12 dias (6º estágio zoea) as larvas são atraídas por presas maiores e, por isso, deve ser ofertado um alimento inerte (KUTTY e VALENTI, 2010).

As larvas de *M. carcinus* não aceitam partículas de moluscos e peixes tão bem quanto as de *M. rosenbergii* e tendem a apresentar um comportamento canibalístico mais acentuado (HERMAN et al., 1999; SANTOS et al., 2007). Desta forma, o uso de uma ração preparada em laboratório parece ser o mais adequado para suprir as necessidades nutricionais das larvas. Uma dieta formulada (lula, complexo vitamínico, ovos de galinha, óleo de fígado de bacalhau, sais minerais, alginato de sódio e cloreto de sódio) combinada com náuplios de artêmia

apresenta-se como a alternativa mais apropriada para a utilização na larvicultura de *M. carcinus*, possibilitando uma sobrevivência em torno de 15% (SANTOS et al., 2007).

## 2.2. Desenvolvimento Larval

O desenvolvimento larval da espécie foi estudado principalmente nos EUA, Brasil, Venezuela e Índias Ocidentais, incluindo Guadalupe (KUTTY et al., 2000). O *M. carcinus* é uma espécie que apresenta ovos numerosos e pequenos, e suas larvas são planctônicas com vários estágios larvais.

O seu desenvolvimento é anamórfico regular. O processo de desova dura de 19 a 48 horas. Do ovo nasce a “zoea” que é uma fase larval planctônica. Esta passa por 12 estágios até atingir a metamorfose em pós-larva (PL), cujas características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos estágios larvais de *Macrobrachium carcinus*.

Estágio larval	Idade (dias)	Comp. (mm)	Características
Zoea I	1-3	2,00-2,10	Olhos grandes e sésseis; Rostro estendendo até $\frac{3}{4}$ do comprimento do pendúculo antenular; Brotos dos pereiópodes 1 e 2 birramados; Pleópodos e Urópodos ausentes; Telson triangular, margem posterior alargada e suavemente côncava, com 7 pares de cerdas plumosas e bipectinadas, alguns pequenos espinhos entre as bases das cerdas; Exopodito da maxila com 5 cerdas plumosas (Figura 5).
Zoea II	2-5	2,10-2,25	Olhos pedunculados; Pereiópodes 1 e 2 birramados; Brotos do pereiópodes 3 birramados; Pleópodos ausentes; prenúncio dos futuros Urópodos, representado por uma linha suave no telson; Telson triangular, com 1 par de cerdas centrais não plumosas e 7 pares de cerdas bipectinadas, sendo 2 centrais; Exopodito da maxila com 7 cerdas plumosas (Figura 6).
Zoea III	5-8	2,25-2,35	Telson articulado com o 6º segmento abdominal, em forma triangular, com 12 pares de cerdas plumosas e 1 par de cerdas pequenas centrais e 1 par de espinhos laterais; 1 espinho epigástrico atrás do rostro; Urópodos presentes, apenas exopódito “setose”, sem cerdas; Grandes brotos birramados do pereiópode 3; Pequenos brotos unirramados do pereiópode 5 (Figura 7).
Zoea IV	7-11	2,40-2,50	Presença de 2 espinhos epigástricos atrás do rostro; Exopódito e endopódito dos urópodos presentes “setose”, o 1º com 12 e o 2º com 9 cerdas; Pereiópode 3 birramados, grandes brotos unirramados do pereiópode 5, poucos brotos birramados do pereiópode 4; Exopódito da maxila com 8 cerdas plumosas; Telson alargado distalmente com 5 pares de cerdas bipectinadas e 1 par de espinhos laterais (Figura 8).

Zoea V	9-13	2,85- 2,95	Pereiópodes 5° unirramados; Brotos dos pereiópodes 4° birramados; Exopódito da maxila com 9 cerdas plumosas; Urópodos mais desenvolvidos que no estágio anterior, exopoditos com 13 cerdas bipectinadas e 1 espinho lateral, endopodito com 10 cerdas; Telson retangular com margem posterior côncava, com 5 pares de cerdas e 3 pares de espinhos laterais (Figura 9).
Zoea VI	12-17	3,00- 3,15	Todos 5 pares de pereiópodes presentes, todos birramados, exceto o pereiópode 5; Flagelo da antena 4 segmentado; Pleópodos rudimentares; Exopoditos dos urópodos com 14 cerdas bipectinadas e 1 espinho lateral; Endopodito do urópodo com 11 cerdas bipectinadas; Telson retangular, com margem posterior quase reta, com 5 pares de espinhos laterais (Figura 10).
Zoea VII	15-22	3,40- 3,60	Antênula interior flagelado tão longo quanto o flagelo exterior; 5 dentes em cada espinho epigástrico, 1 cerda na frente de cada espinho; Exopódito da antena com 20 cerdas plumosas e 1 espinho, flagelado tão longo quanto laminar; Exopodito da maxila com 14-15 cerda plumosas; “caridean lobo” com 1-2 cerdas plumosas; Pleópodos rudimentares e birremes; Telson retangular, margem posterior ligeiramente côncava, 4 vezes tão longo quanto a largura da margem posterior (Figura 11).
Zoea VIII	20-30	3,70- 3,90	Flagelo interior da antenula pouco maior que o exterior; Exopodito antenal com 22 cerdas plumosas e 1 espinho, flagelo pouco maior que escala; Exopódito da maxila com 22-24 cerdas plumosas; Pleópodos presentes e bem desenvolvidos; Telson com margem distal convexa, 5 vezes tão longo quanto a largura posterior (Figura 12).
Zoea IX	26-38	4,00- 4,20	Flagelo interior da antenula 2 segmentado, exopodito antenal com 25 cerdas plumosas e 1 espinho, flagelo 7 segmentado; Exopodito da maxila com 30 cerdas plumosas; “Caridean lobe” com 4 cerdas plumosas; Pereiópodes 1 e 2 começando a torna-se quelados; Brotos dos pleópodes 2, 3 e 4 mais desenvolvidos que 1 e 5; Telson retangular, 6 vezes tão longo quanto a largura posterior, com margem distal convexa (Figura 13).
Zoea X	32-45	4,60- 4,80	Rostro com 1-3 dentes dorsais; Exopodito antenal com 27-28 cerdas plumosas e 1 espinho, flagelo 9 segmentado; “Caridean lobe” com 6 cerdas plumosas; Pereiópodes 1 e 2 distintamente quelados; Todos pleópodes desenvolvidos e birramado exceto pleópode 1; Telson com 10 cerdas, sendo 2 longas na margem lateral e 2 espinhos (Figura 14).
Zoea XI	40-52	5,20- 5,60	Rostro com 4-7 dentes (dentes sobre a metade da margem superior); Flagelo interno antenular 3 segmentado, flagelo exterior 2 segmentado; Exopodito antenal com 30 cerdas plumosas e 1 espinho; Todos pleópodes birramados, pleópode 1 pequeno, todos exopoditos certados exceto pleópode 1, endopodito sem cerdas, primeiro par anterior dos espinhos do telson agora dorsal (Figura 15).
Zoea XII - Pós-larva	47-65	6,50- 8,00	Rostro com 10 dentes na margem dorsal, 0-3 dentes na margem ventral; 6-7 cerdas plumosas na frente do espinho epigástrico anterior; Flagelos da antenula interna e externas iguais no comprimento; Exopodito da antena com 35-42 cerdas plumosas e 1 espinho; Exopodito da maxila com 50-65 cerdas plumosas; “Caridean lobe” com 10-16 cerdas plumosas; Exopodito de todos pleópodes com cerdas, endopoditos todos com cerdas exceto o pleópode 1, apêndice interno presente em todos pleópodes exceto no pleópode 1; Exopodito e Endopodito dos urópodos com 50 e 40 cerdas; Telson 8-9 vezes tão longo quanto a largura posterior e com 1 par de espinhos dorsais (Figura 16).

Fonte: Modificado de Choudhury (1971a) e Coelho et al (1982).



Figura 5. Estágio Zoea I – Olhos grandes e sésseis, carapaça lisa sem espinhos, rostro reto sem dentes, sexto somito contínuo com o telson em forma triangular. Fonte: O Autor.

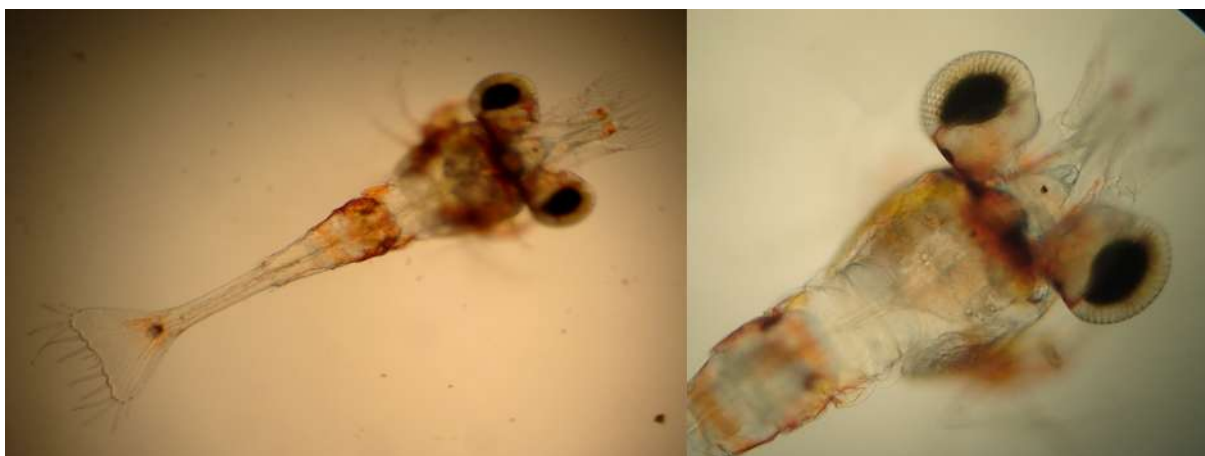


Figura 6. Estágio Zoea II – Olhos pedunculados; carapaça com um espinho supra-orbital situado dorso-lateralmente e espinho pterigostomial no canto antero-ventral, rostro reto sem dentes. Fonte: O Autor.



Figura 7. Estágio Zoea III – Rostro com um dente dorsal, abdome com o sexto somito separado do telson, em forma triangular com apenas o exopodito do urópodo presente. Fonte: O Autor.

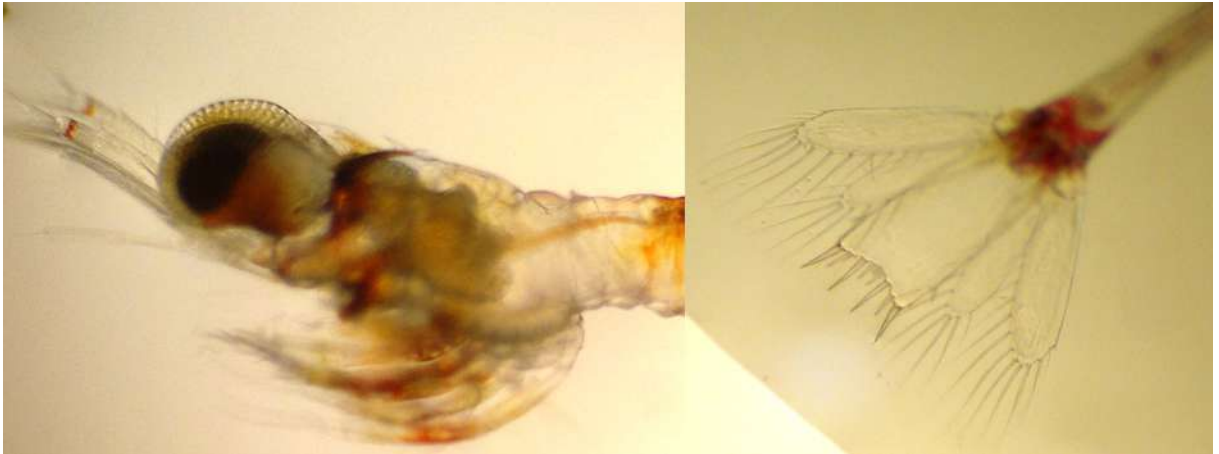


Figura 8. Estágio Zoea IV – Rostro com dois dentes dorsais, carapaça com o espinho antenal presente situado imediatamente acima do espinho pterigostomial, telson ainda em forma de leque e urópodo com exopodito e endopodito presentes. Fonte: O Autor.

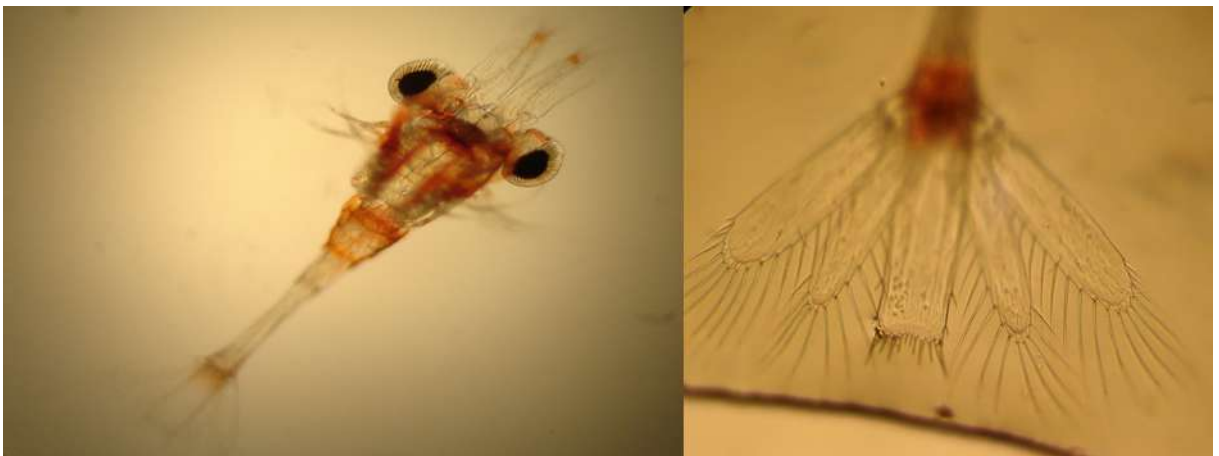


Figura 9. Estágio Zoea V – Telson mais alongado, com formato aproximadamente retangular, urópodos com exopodito e endopodito com maior número de cerdas plumosas. Fonte: O Autor.



Figura 10. Estágio Zoea VI – Na parte ventral do abdome surgem pequenos brotos que constituem os pleópodos. Fonte: O Autor.

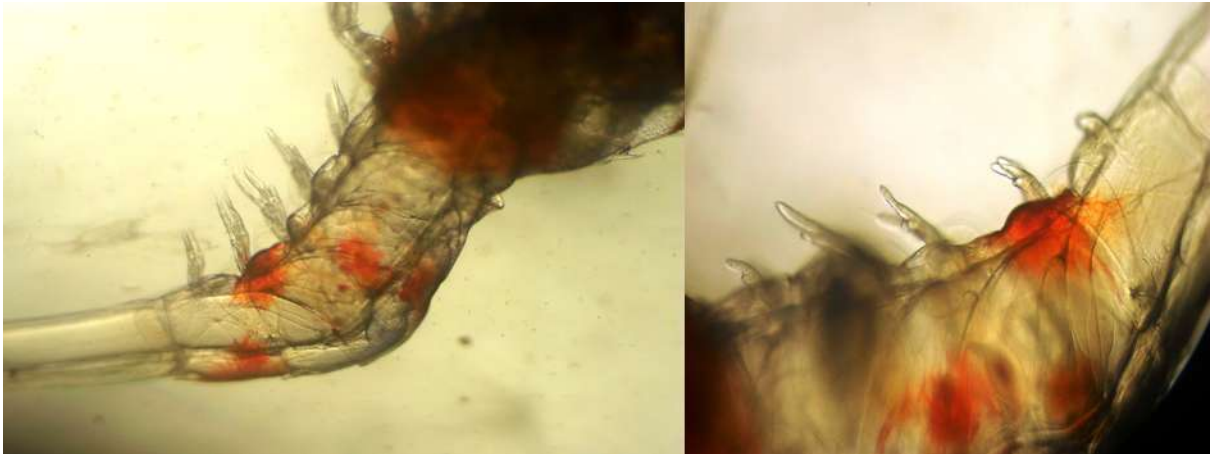


Figura 11. Estágio Zoea VII – Os pleópodos birremes, com exopodito e endopodito, ainda rudimentares sem cerdas plumosas. Fonte: O Autor.

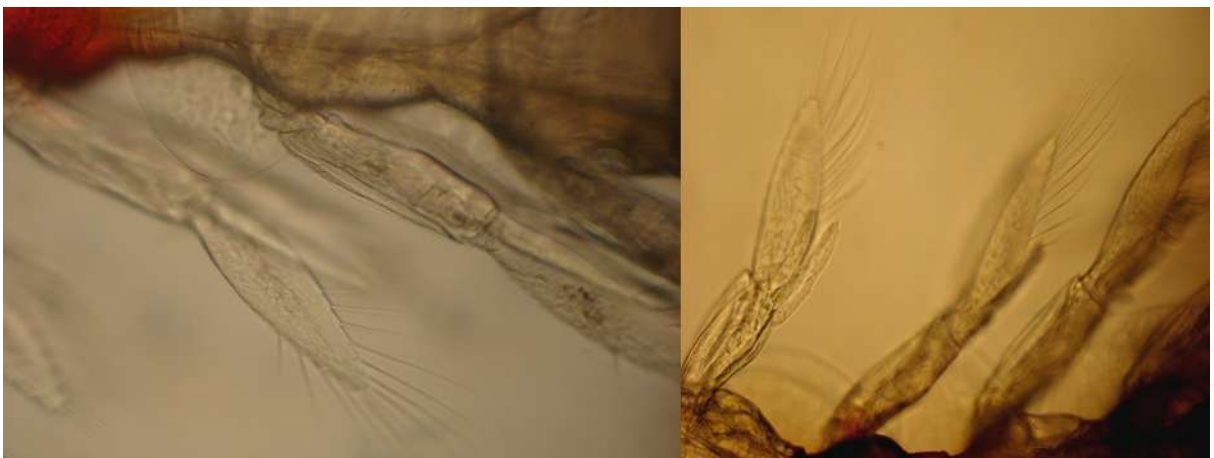


Figura 12. Estágio Zoea VIII – Pleópodos bem mais desenvolvidos com exopodito e endopodito bem evidentes e presença de cerdas plumosas apenas no exopodito. Fonte: O Autor.

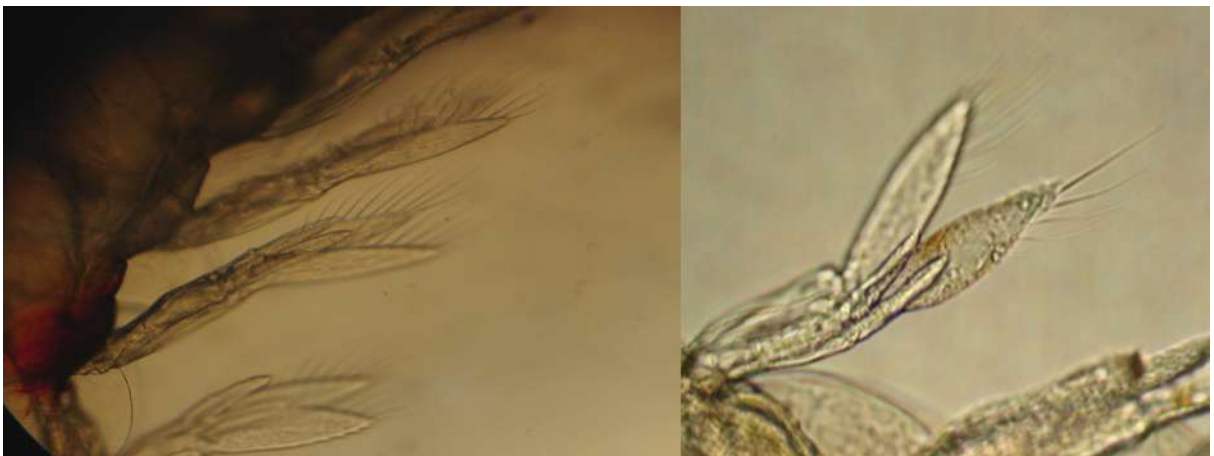


Figura 13. Estágio Zoea IX – Exopodito e endopodito dos pleópodos com cerdas plumosas e presença do apêndice interno em todos exceto no primeiro pleópodo. Fonte: O Autor.



Figura 14. Estágio Zoea X – Desaparecimento do espinho no bordo látero-posterior do quinto somito no abdome, rostro com 1 a 3 dentes dorsais. Fonte: O Autor.

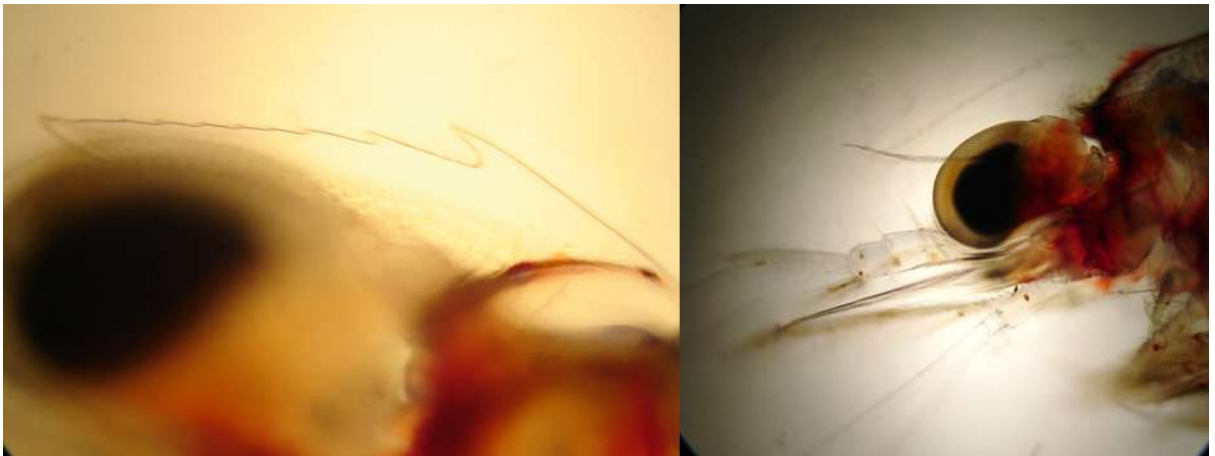


Figura 15. Estágio Zoea XI – Rostro com 4-7 dentes (dentes sobre a metade da margem superior), flagelo interno antenular 3 segmentado. Fonte: O Autor.

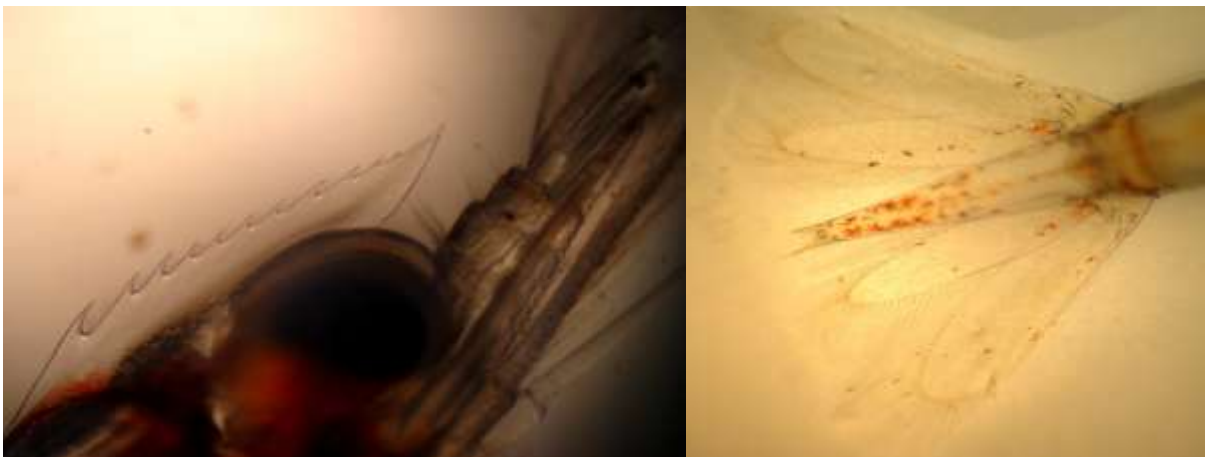


Figura 16. Estágio Zoea XII – Pós-larva – Rostro com 10 dentes na margem dorsal, 0-3 dentes na margem ventral; Exopodito e Endopodito dos urópodos com 50 e 40 cerdas; Telson com 1 par de espinhos dorsais. Fonte: O Autor.

### 2.3. Produção de Pós-larvas no Brasil

No Brasil, até meados de 2010, existiam em operação duas larviculturas de camarão de água doce que trabalhavam exclusivamente com o pitu *M. carcinus*, uma localizada no Centro de Pesquisas em Carcinicultura (CPC) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), no Ceará, e a outra no Instituto Xingó, em Alagoas; ambas com o objetivo de desenvolver pesquisas e produzir pós-larvas desta espécie para repovoamento dos estoques naturais (CORREIA et al., 2004; PINHEIRO et al., 2004; NEW e KUTTY, 2010; KUTTY e VALENTI, 2010). Segundo New e Kutty (2010), de fevereiro a maio de 2006, foram estocadas aproximadamente 328.940 pós-larvas de *M. carcinus* em alguns rios e barragens no Ceará. No entanto, nenhuma avaliação do sucesso destes repovoamentos foi realizada.

Estas larviculturas operavam com tanques de 1.000 litros, abastecidos com água salobra (14 a 20‰) e estocados com 50 a 75 larvas/L, durante 45 a 70 dias de cultivo (KUTTY e VALENTI, 2010; CORREIA et al., 2011ab; ROCHA et al., 2011). A alimentação constava basicamente de náuplios de artêmia e uma dieta inerte, ração comercial e/ou formulada (creme de ovo), com composição similar a utilizada para o *M. rosenbergii* (PINHEIRO et al., 2004; KUTTY e VALENTI, 2010; ROCHA et al., 2011). Os resultados de sobrevivência e produtividade eram muito baixos, variando entre 10-12% e 6-10 pós-larvas/L, respectivamente (KUTTY e VALENTI, 2010).

Segundo Correia et al. (2011ab), a baixa produção de pós-larvas de *M. carcinus* obtida no Instituto Xingó estava relacionada, principalmente, a disponibilidade sazonal de fêmeas ovígeras na região do baixo São Francisco e ao elevado canibalismo observado nas larvas (especialmente a partir de zoea X), que indica uma possível deficiência nutricional. Em 2010, mesmo com todos esses problemas, alguns estudos realizados neste Instituto apresentaram resultados bastante promissores. A produção de pós-larvas aumentou de 240 indivíduos em

2008 para 27.907 em 2010, apenas adotando-se um protocolo que envolvia o uso de alimento vivo (náuplios de artêmia) e alimento inerte (dieta comercial específica para larvas de camarão marinho, com 40% de proteína bruta) com o aumento da frequência de alimentação (CORREIA et al., 2011ab; ROCHA et al., 2011).

Apesar disto, ao final de 2010, problemas administrativos e a limitação de recursos para financiamento e custeio das pesquisas, aliados a baixa produtividade e sobrevivência da espécie (CORREIA et al., 2011ab), contribuíram significativamente para o encerramento das atividades desses projetos.

#### **2.4. Sistemas de Larvicultura**

A larvicultura é o processo de produção de pós-larvas em laboratório, que pode ser realizado em sistemas aberto ou fechado (LOBÃO, 1997). No sistema tradicional aberto, a água, renovada diariamente (50 a 70% do volume do tanque), é eliminada e substituída por água nova e limpa, mantendo as condições do meio adequadas à criação das larvas (LING e MERICAN, 1961; VALENTI, 1996; CORREIA e CASTRO, 1998). Já no sistema fechado ou de recirculação, que utiliza técnicas mais modernas, há um reaproveitamento total ou parcial da água de cultivo das larvas, através da sua filtração (mecânica e biológica) e tratamento químico (SANDIFER e SMITH, 1978; AQUACOP, 1983; DANIELS et al., 1992; CARVALHO FILHO e MATHIAS, 1998; VALENTI et al., 1998), podendo manter biomassas altas em um volume relativamente limitado (LOBÃO, 1997; LOBÃO et al., 1998).

O sistema de água clara aberto requer uma maior disponibilidade de água, já que trocas periódicas são realizadas para evitar níveis críticos de amônia e nitrito (LING e MERICAN, 1961; AQUACOP, 1982; SUHARTO et al. 1982; CORREIA et al., 1988). Neste sistema, a água necessária para a produção de um milhão de pós-larvas oscila entre 200 e 250 m<sup>3</sup>, ao passo que, no sistema fechado, não vai além de 6 a 8 m<sup>3</sup> (RA'ANAN e COHEN, 1983). Ong

(1983), comparando a larvicultura de *M. rosenbergii* em sistema aberto e fechado, obteve produções médias de 34,7 e 29,8 pós-larvas/L, respectivamente, com redução de 20 a 30% na mão-de-obra do sistema fechado. Castro et al. (1988), utilizando sistema fechado e a mesma espécie, verificaram redução de 90% no consumo de água em relação ao sistema aberto, com uma produtividade média de 30 pós-larvas/L.

Esta troca de água pode ser minimizada através do cultivo em água verde, que consiste na inoculação de algas clorofíceas, principalmente *Chlorella* spp., nos tanques de cultivo, que podem atuar absorvendo os compostos nitrogenados e propiciar uma alimentação para os náuplios de artêmia, resultando num melhor desenvolvimento das larvas cultivadas (FUJIMURA, 1966; CORDEIRO e SILVA, 1981; CAVALCANTI et al., 1986). No sistema de água verde o fitoplâncton é cultivado separadamente, em tanques apropriados e com adição de fertilizantes químicos, numa densidade de  $10^5$  a  $10^6$  células/mL, com algas coletadas no ambiente natural ou de cultivos monoespecíficos (FUJIMURA, 1966; MANZI et al., 1977; LEE, 1982; CAVALCANTI et al., 1986; SILVA, 1995).

O uso da filtração biológica vem sendo adaptado a partir da larvicultura intensiva em sistema aberto de água clara (AQUACOP, 1983). Nos sistemas que utilizam filtros mecânicos e biológicos, a água que circula no tanque de cultivo atravessa um substrato colonizado por bactérias aeróbicas e anaeróbicas, ocasionando a remoção dos resíduos sólidos e metabólitos indesejáveis (HIRAYAMA, 1972, 1974; VALENTI et al., 2010). A eficiência destes sistemas está diretamente relacionada à taxa de recirculação da água, que é da ordem de 2 a 5 vezes o volume total do tanque de cultivo por dia, podendo atingir até 24 vezes/dia (SANDIFER e SMITH, 1975, 1978; MENASVETA, 1982; SINGHOLKA e SUKAPUNT 1982; AQUACOP, 1983; ONG, 1983; CASTRO et al., 1988; COHEN e RA'ANAN, 1989; GRIESSINGER et al., 1989; CHOWDHURY et al., 1993; VALENTI et al., 1998), e também

ao tamanho dos biofiltros utilizados, que varia de 4 a 20% do volume dos tanques (GRIESSINGER et al., 1989; DANIELS et al., 1992; VALENTI et al., 2010).

Diferentes sistemas de larvicultura com recirculação e filtração biológica são utilizados atualmente, como o sistema de fluxo contínuo (CORREIA et al., 2000), o sistema fechado estático (CARVALHO FILHO e MATHIAS, 1998) e o sistema fechado dinâmico (VALENTI et al., 1998; VALENTI e DANIELS, 2000). Entretanto, o mais difundido é o sistema de água clara com recirculação (NEW, 2002; NEW e KUTTY, 2010). Todos estes sistemas estão baseados no processo de nitrificação da amônia, que resulta de uma ação sequencial das bactérias nitrificantes, onde a principal função do filtro biológico é a oxidação da amônia ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) para nitrito ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ), pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus* e, posteriormente a nitrato ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ), através das bactérias do gênero *Nitrobacter*, *Nitrospira* e *Nitrococcus* (SPOTTE, 1979; KAISER e WHEATON, 1983; BROCK et al., 1994; LOBÃO et al., 1998).

Nos últimos anos tem se discutido e difundido bastante o cultivo de camarões marinhos em meio heterotrófico ou sistema de bioflocos (BFT – *Biofloc Technology*), visando à ciclagem de compostos nitrogenados e a utilização da proteína microbiana na nutrição dos camarões (AVNIMELECH, 1999, 2009; SCHRYVER et al., 2008; FURTADO et al., 2011; KRUMMENAUER et al., 2011, 2012). Estes sistemas têm em comum a predominância de bactérias aeróbicas heterotróficas que colonizam partículas de resíduos orgânicos e absorvem o nitrogênio, fósforo e outros nutrientes da água (CHAMBERLAIN et al., 2001ab; MCGRAW, 2002; EBELING et al., 2006; AVNIMELECH, 2009) através da adição de fontes de carboidratos e do balanço da relação C:N (AVNIMELECH, 1999, 2006; EBELING et al., 2006; SCHNEIDER et al., 2006; MICHAUD et al., 2006; SAMOCHA et al., 2007; ASADUZZAMAN et al., 2008; AZIM et al., 2008; CRAB et al., 2009, 2012).

A composição das comunidades microbianas presentes nos cultivos em meio heterotrófico pode ser manipulada pela adição de espécies selecionadas (probióticos), em substituição às bactérias presentes no meio, e pela disponibilização de melaço como uma fonte de carbono orgânico (MORIARTY, 1999; BURFORD et al., 2004).

O melaço é um subproduto do processo de refino do açúcar e atua como uma fonte alternativa de carbono para a aquicultura (SCHNEIDER et al., 2006; SAMOCHA et al., 2007). Contém ainda elementos minerais e vitaminas que podem ser usados como potencializadores do crescimento das bactérias (SQUIO e ARAGÃO, 2004). Entretanto a adição de C pode ser feita sob a forma de glucose, celulose ou outro tipo de carboidrato. Segundo Suita et al. (2008) a dextrose também pode ser empregada com eficiência na substituição ao melaço para sistemas de cultivo em meio heterotrófico.

Outros estudos tem mostrado que a qualidade da água nos cultivos de camarão marinho tem sido melhorada com a aplicação de produtos probióticos (GATESOUBE, 1999; DEVARAJA et al., 2002; SOUZA et al., 2012), especialmente *Bacillus* spp. Bactérias do gênero *Bacillus* sp. representam organismos de grande importância e são amplamente utilizados como probióticos para diferentes fases de cultivo de peneídeos (MORIARTY, 1998; 1999; DECAMP e MORIARTY, 2006ab). Segundo Keysami et al. (2007), *Bacillus* spp. pode ser utilizada como suposto probiótico para o cultivo larval do *M. rosenbergii*, melhorando consideravelmente a sobrevivência das larvas.

Sistemas BFT reduzem a utilização de água e a emissão de efluentes, minimizando o impacto ambiental, controlam os níveis dos compostos nitrogenados inorgânicos através da síntese de proteína microbiana e aumentam a conversão alimentar dos camarões (BROWDY et al., 2001ab; WASIELESKY et al., 2006; AZIM et al., 2008; SCHRYVER et al., 2008; AVNIMELECH, 2009; RAY et al., 2009). Além disso, incrementam a biossegurança e a produção, complementando a dieta dos animais cultivados através da produtividade natural do

ambiente (McINTOSH et al., 2000; McNEIL, 2000; McINTOSH, 2001; BURFORD et al., 2003, 2004; ERLER et al., 2005; WASIELESKY et al., 2006; CRAB et al., 2009; KHUN et al., 2009; BALLESTER et al., 2010). Por ser um sistema de cultivo relativamente novo, pouco se sabe sobre a eficácia e aplicabilidade do sistema BFT na larvicultura de camarões de água doce. Entretanto, se apresenta como uma alternativa para produção de pós-larvas em sistemas sem renovação de água.

### **2.5. Importância econômica, social e ecológica**

O *M. carcinus* tem sido um alvo constante da exploração comercial da pesca artesanal em diversos países (LING e COSTELLO, 1979; HOLTHUIS, 1980; SILVA et al., 1981; RABANAL, 1982; CHAUVIN, 1992; GRAZIANI et al., 1993; BOWLES et al., 2000; MONTENEGRO et al., 2001). No Brasil, na região do baixo São Francisco, a pesca do pitu constitui uma parcela muito importante da renda das famílias de pescadores artesanais da região, por se tratar de uma espécie de camarão bastante apreciada pela culinária local (PINHEIRO et al., 2006). Segundo New et al. (2000), o camarão pitu *M. carcinus* representa, juntamente com o *M. acanthurus*, cerca de 15% da pesca de camarões de água doce do Brasil.

Entretanto, nas últimas décadas, estas capturas vêm reduzindo significativamente devido, principalmente, à poluição e destruição dos ecossistemas naturais e à sobrepesca (VALENTI, 1993; HERMAN et al., 1999; BOWLES et al., 2000). Outro ponto que afeta diretamente as populações é o barramento de rios para construção de barragens, que impede a migração rio acima, necessária para completar o ciclo de vida anfídromico do pitu (MELO e COELHO, 2008). Esta diminuição da produção nos últimos anos tem representado um sério problema sócio-econômico para as comunidades ribeirinhas, que vivem exclusivamente da pesca artesanal (MONTENEGRO et al., 2001).

O *M. carcinus* está atualmente listado como uma espécie vulnerável ou ameaçada de extinção em alguns países (BOWLES et al., 2000), inclusive no Brasil (MELO e COELHO, 2008; BERTINI e VALENTI, 2010), onde a captura em águas naturais é considerada ilegal desde 2004, exceto para fins científicos mediante autorização especial (IBAMA, 2004).

Desta forma, tratando-se de uma espécie em extinção, o desenvolvimento de tecnologias de cultivo que viabilizem a produção de pós-larvas em laboratório poderá contribuir para preservação da espécie, disponibilizando formas jovens para fins de cultivo comercial, para futuras pesquisas durante a fase de engorda e, principalmente, para o repovoamento dos ambientes naturais.

### 3- OBJETIVOS

#### 3.1- Objetivo geral

Contribuir com o desenvolvimento da tecnologia de produção de pós-larvas do *Macrobrachium carcinus*, em função de diferentes salinidades e sistemas de cultivo, envolvendo a utilização da tecnologia de bioflocos em comparação com os sistemas convencionais de larvicultura de camarão de água doce (água verde, água clara e sistema fechado dinâmico).

#### 3.2- Objetivos específicos

- Avaliar a sobrevivência das larvas de *M. carcinus* submetidas à mudanças bruscas de salinidade;
- Determinar a salinidade letal (SL<sub>50</sub>) para larvas de *M. carcinus* a partir da utilização de um modelo matemático gerado;
- Sugerir a melhor salinidade para o cultivo das larvas de *M. carcinus*;
- Comparar o desempenho zootécnico das larvas de *M. carcinus* em quatro sistemas de cultivo: Água Verde (AV), Água Clara (AC), Sistema Fechado Dinâmico (SFD) e Biofoco (BFT);
- Determinar tempo de cultivo (dias), peso médio (mg/larva e mg/pós-larva), sobrevivência (%) e produção (larvas/L e pós-larvas/L) de *M. carcinus* em função dos sistemas de larvicultura empregados;
- Acompanhar o desenvolvimento das larvas utilizando o Índice de Desenvolvimento Larval (LSI – *Larval Stage Index*);
- Monitorar as variáveis físico-químicas da água bem como os níveis de nitrogênio dissolvido em função dos diferentes sistemas;

#### 4- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, V. L. B.; FAÇANHA, S. C.; PINHEIRO, S. M. X.; VEIRA, M. J. A. F.  
Observações sobre o acasalamento do camarão pitu, *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758), em cativo. In: IV Simpósio Brasileiro do Camarão Cultivado, 2004, Natal, RN. *Anais ...* Natal, RN: ABCC, 2004. p. 27.
- ANDERSON, G.; FILLINGAME, J.A. (1980) The occurrence of *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) and *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) in southern Mississippi, USA (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 39: 90–4.
- ANGER, K., 1995. The conquest of freshwater and land by marine crabs: adaptations in life-history patterns and larval bioenergetics. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 193, 119- 45.
- AQUACOP, 1982. Mass production of juveniles of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in French Polynesia: Predevelopment phase results. In: Proceedings of Symposium on Coastal Aquaculture 1982, Part 1. Marine Biological Association of India, Cochin, India, pp. 71-75.
- AQUACOP, 1983. Intensive larval rearing in clear water of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, Anuenue Stock) at the Centre Oceanologique du Pacifique, Tahiti. In: J. McVey, P., Moore, J.R. (Eds.), *CRC Handbook of Mariculture, Vol. 1: Crustacean Aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, pp. 179–87.
- ASADUZZAMAN, M., WAHAB, M.A., VERDEGEM, M.C.J., HUQUE, S., SALAM, M.A., AZIM, M.E., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquacult.* 280, 117–123.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/ nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 176, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y., 2009. *Biofloc technology – A Pratical Guide Book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, LA, United States, 182 pp.
- AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, v. 34, p. 172-178, 2006.
- AZIM, M.E., LITTLE, D.C., BRON, J.E., 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*. 99, 3590–3599.
- BALLESTER, E.L.C., ABREU, P.C., CAVALLI, R.O., EMERENCIANO, M., De Abreu, L., Wasielesky, W. Jr., 2010. Effect of pratical diets with different protein levels on the

- performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*. 16, 163 – 172.
- BENSTEAD, J.P., MARCH, J.G., PRINGLE, C.M., 2000. Estuarine larval development and upstream post-larval migration of freshwater shrimps in two tropical rivers of Puerto Rico. *Biotropica* 32, 545-548.
- BERTINI, G.; VALENTI, W.C., 2010. Importância econômica dos camarões de água doce. In: Silva, R. B. & Ming, L. C. (Eds.), *Polo de Biotecnologia da Mata Atlântica: Relatos de Pesquisas e Outras Experiências Vividas no Vale do Ribeira*. Jaboticabal, Funep, pp. 155-170.
- BORGES, D. A.; RIBEIRO, R. M.; MENENES, M.; BARROS-JUNIOR, F. V. P.; COSTA, A. M.; PONTE, M. L.; MENDOÇA, T. L. V.; OGAWA, M. Dados preliminares da larvicultura do camarão pitu, *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) em laboratório. In: XIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2003, Porto Seguro, BA. *Anais ... Porto Seguro, BA: FAEP-BR, 2003. p. 118.*
- BOWLES, D.E.; AZIZ, K.; KNIGHT, C. L. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palemonidae) in the contiguous United States: a review of species and na assessment of threats to their survival. *Journal of Crustacean Biology*. v.20, p. 158-171, 2000.
- BROCK, T.D., MADIGAN, M.T., MARTINKO, J.M., PAEKER, J., 1994. *Biology of Microorganisms*. Prentice Hall, Englewood.
- BROWDY, C.L.; D. BRATVOLT, J.S. HOPKINS, A.D. Stokes, and P.A. Sandifer. Emerging technologies for mitigation of environmental impacts associated with shrimp aquaculture pond effluents. *Asian Fisheries Science*, v. 14, p. 255-267. 2001a.
- BROWDY, C.L.; BRATVOLD, D.; STOKES, A.D.; McINTOSH, R.P. 2001b. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. Pages 20-34 in: Browdy, C. L.; Jory, D. E. (Eds.). *The New Wave, Proceedings of special session on sustainable shrimp culture, Aquaculture 2001*. The World Aquaculture Society Baton Rouge, USA.
- BURFORD, M.A., THOMPSON, P.J., MCINTOSH, R.P., BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219, 393-411.
- BURFORD, M.A.; P.J. THOMPSON, R.P. MCINTOSH, R.H. BAUMAN, D.C. PEARSON. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity zero-exchange system. *Aquaculture*, v. 232, p.525-537. 2004.
- CASTRO, P.F., PERTSEW, K.C.R., CAVALCANTI, L.B., CORDEIRO, E.A., 1988. Pesquisa sobre produção de pós-larvas do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de recirculação. In: Nascimento, P., Rodrigues, J.B.R.,

- MULLER, Y.M., ANDREATTA, E., GOMES, S.Z., MAGALHÃES, A.R.M. (Eds.), Anais do VI Simpósio Latino-americano de Aquicultura e V Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 17–22 abril 1988. Associação Brasileira de Aquicultura (ABRAq), Florianópolis, pp. 645–651.
- CARVALHO-FILHO, J.; MATHIAS, M. A. C. Larvicultura em sistema fechado estático. In: VALENTI, W. C. (Eds.). *Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões*. Brasília: IBAMA; FAPESP. p.95-113. 1998.
- CASAS-SÁNCHEZ, R.; VAILLARD-NAVA, Y.; RE-ARAUJO, A. D. Nutrición en juveniles del langostino *Macrobrachium carcinus* (Crustacea: Decapoda) con dietas de residuos vegetales y marinos. *Rev. Biol. Trop.*; 43 (1/3): 251-256, 1995.
- CAVALCANTI, L. B. Histórico. In: VALENTI, W. C. (Eds.). *Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões*. Brasília: IBAMA; FAPESP. p.17-20. 1998.
- CAVALCANTI, L.B., CORREIA, E.S., CORDEIRO, E.A., 1986. Camarão: Manual de Cultivo do *Macrobrachium rosenbergii* (pitu havaiano – gigante da Malásia). Aquaconsult, Recife, pp. 143.
- CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; McINTOSH, R.P.; VELASCO, M. 2001a. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N - I: Nutrient transformation and water quality benefits. *Global Aquac. Advocate* April: 53-56.
- CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; McINTOSH, R. P.; VELASCO, M. 2001b. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N – III: Practical applications *Global Aquaculture Advocate* October: 50-54.
- CHAUVIN, W. D. Freshwater prawns in the USA – a market in transition. *INFOFISH International*, v.4, n.92, p. 17-19, 1992.
- CHÁVEZ-ALARCÓN, Z., CHÁVEZ, E.A., 1976. Introduction al conocimiento de la biología del langostino *Macrobrachium carcinus* (L.) en el Estado de Veracruz. In: Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de camarones, 1º, México. Memórias...p. 13-23.
- CHOUDHURY, P. C. Complete larval development of the Palaemonidae shrimp *Macrobrachium carcinus* (L.) reared in the laboratory (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, v. 20, n. 1, p. 51-69, 1971a.
- CHOUDHURY, P. C. Responses of larval *Macrobrachium carcinus* (L.) to variations in salinity and diet (Decapoda, Palaemoidae). *Crustaceana*, v. 20, n. 2, p. 113-120, 1971b.
- CHOWDHURY, R., BHATTACHARJEE, H., ANGELL, C., 1993. A Manual for Operating a Small-scale Recirculation Freshwater Prawn Hatchery. Bay of Bengal Programme, Madras.

- CHUNG, K. S. Adaptabilidade ecofisiológica de organismos acuáticos tropicais a cambios de salinidad. *Revista de Biología Tropical.*, v. 49, n. 1, p. 9-13, 2001.
- COELHO, P.A. 1963. Observações preliminares sobre a biologia e a pesca de camarões do gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda Palaemonidae) no Estado de Pernambuco. Trabalho Instituto Oceanográfico. Universidade Recife, v. 3/4, p.75-81.
- COELHO, P.A.; LIMA, I. A. Cultivo do camarão-pitu, *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em viveiros comerciais. Boletim Técnico-Científico do CEPENE, v. 11, n. 1, p. 233-244, 2003.
- COELHO, P.A.; RAMOS-PORTO, M.; BELTRÃO, A.C.M. Comportamento em cativeiro dos camarões *Macrobrachium acanthurus* e *M. carcinus* (Crustácea, Decapoda, palaemonidae): resultados preliminares. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 587, 1978a.
- COELHO, P. A.; PORTO, M. R.; SILVA, S. C.; CORREIA, E. S. Estudo da tecnologia adequada para a carcinicultura em água doce. III. Influência dos fatores ambientais sobre a viabilidade do cultivo dos camarões *Macrobrachium acanthurus* e *M. carcinus*. In: I Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 1978, Recife, PE. *Anais...* Recife, PE: Departamento de Oceanografia -UFPE, p. 58-59. 1978b.
- COELHO, P. A.; PORTO, M. R.; SOARES, C. M. A. *Cultivo de camarões do gênero Macrobrachium Bate (Decapoda, Palaemonidae) no Brasil.* (EMPARN. Boletim Técnico 6). Natal: EMPARN, 1981. 66p.
- COELHO, P. A.; PORTO, M. R.; SOARES, C. M. A. *Biologia e Cultivo de Camarões de Água Doce.* (Departamento de Oceanografia – UFPE, Série Aquicultura nº 1). Recife: UFPE, 1982. 53p.
- COELHO, P. A.; COELHO-SANTOS, M. A.; TORRES, M. F. A.; MONTEIRO, B. R.; ALMEIDA, V. A. K. Reino Animália: Filo (ou Subfilo) Crustacea no estado de Pernambuco. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Orgs). *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco.* Recife: Editora Massangana. p. 429-482. 2002.
- COHEN, D.; RA'ANAN, Z. Intensive closed-cycle *Macrobrachium rosenbergii* hatchery: biofiltration and production strategy. In: MARTUNS, M.M.R., CORREIA, E.S., CAVALHEIRO, J.M. (Eds.), *Anais do III Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarão*, 15–20 outubro 1989, Vol. 2: Camarão de Água Doce e Outros. MCR Aquicultura, João Pessoa, pp. 49–69, 1989.
- CORDEIRO, E. A.; SILVA, J. A. Técnicas de cultivo de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man): comparação entre sistemas de larvicultura. In: II

- Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 1981, Recife, PE. *Anais...* Recife, PE: AEP-PE, 1981. p. 143-154.
- CORREA, M. Physiological Effects of Metal Toxicity on the Tropical Freshwater Shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linneo, 1758). *Environmental Pollution*, 45: 149-155. 1987.
- CORREIA, E. S.; CORDEIRO, E. A. Estudo comparativo do crescimento de camarões de água doce no estado de Pernambuco. In: II Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 1981, Recife, PE. *Anais...* Recife, PE: AEP-PE, 1981. p. 155-160.
- CORREIA, E. S.; CASTRO, P. F. Larvicultura em sistema aberto. In: VALENTI, W. C. (Eds.). *Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões*. Brasília: IBAMA; FAPESP. p.77-94. 1998.
- CORREIA, E.S., MARTINS, M.M.R., MAIA FILHO, M.A., CAVALCANTI, M.A.A.U. 1988. Modelo artesanal de produção de pós-larvas do camarão *Macrobrachium rosenbergii*. In: NASCIMENTO, P., RODRIGUES, J.B.R., MULLER, Y.M., ANDREATTA, E., GOMES, S.Z., MAGALHÃES, A.R.M. (Eds.), *Anais do VI Simpósio Latino-Americano Aquicultura e V Simpósio Brasileiro de Aquicultura*, 17–22 abril 1988, Associação Brasileira de Aquicultura (ABRAq), Florianópolis, pp. 652–6.
- CORREIA, E. S.; SUWANNATOUS, S.; NEW, M. B. Flow-through hatchery systems and management. In: New, M. B.; Valenti, W. C. (Eds.) *Freshwater Prawn Culture: The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science, Great Britain, p.52-68, 2000.
- CORREIA, E. S.; MARINHO, I. C. S.; COSTA, F. J. C. B. (2004) Produção de pós-larva de pitu (*Macrobrachium carcinus*) para repovoamento do rio São Francisco. *Anais do Aquaciência 2004*, 24–28 May 2004, Vitória, Brasil, p. 57. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Jaboticabal.
- CORREIA, E. S., BRANCO, F. C., SANTOS, L., ROCHA, D., MELO, F., 2011a. Freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) hatchery for restocking in the lower region of São Francisco River, Brazil. In: *Asian Pacific Aquaculture 2011*, Kochi, India. The future is here. Kochi: WAS, 2011. CD., pp. 91.
- CORREIA, E. S., LIMA, J. P. V., ROCHA, D., SANTOS, L., MELO, F., BRANCO, F. C., 2011b. Freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) hatchery in Brazil: perspectives and challenges. In: *World Aquaculture 2011*, Natal, Brazil. *Aquaculture for a changing world*. Natal: WAS, 2011. CD., pp. 268.
- CRAB, R., KOCHVA, M., VERSTRATE, W., AVNIMELECH, Y., 2009. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*. 40, 105-112.

- CRAB, R., DEFOIRDT, T., BOSSIER, P., VERSTRAETE, W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*. 356–357, 351– 356.
- DANIELS, W. H.; D’ABRAMO, L. R.; PARSEVAL, L. Design and management of a closed, recirculating “clearwater” hatchery system for freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1979. *Journal of Shellfish Research*, v. 11, n. 1, p. 65-73, 1992.
- DECAMP, O.; MORIARTY, D. J. W. Probiotics as alternative to antimicrobials: limitations and potential. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 37, n. 4, p.60-62, 2006a.
- DECAMP, O.; MORIARTY, D. J. W. Safety of Aquaculture Probiotics. *Global Aquaculture Advocate*, v. 4/5, p. 86-87, 2006b.
- DEVARAJA, T. N.; F. M. YUSOFF, M. SHARIFF. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products. *Aquaculture*, v. 206, p.245-256. 2002.
- DUGAN, C. C., FRAKES, T. A., 1973. Culture of brackish-freshwater shrimp, *Macrobrachium acanthurus*, *M. carcinus* and *M. ohione*. Proceedings of the World Mariculture Society 3, 185-191.
- DUGAN, C. C., HAGOOD, R. W., FRAKES, T. A., 1975. Development of spawning and mass larval rearing techniques for brackish-freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). Florida Marine Research Publications, 12, 1-28.
- EBELING, J. M. TIMMONS, M. B. BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 257, p.346-358, 2006.
- ERLER, D., SONGSANGJINDA, P., KEAWTAWEE, T., CHAIYAKUM, K., 2005. Preliminary investigation into the effect of carbon addition on growth, water quality and nutrient dynamics in zero-exchange shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Asian Fisheries Science* 18, 195-204.
- FAO. *FishStat Plus* (v. 2.32), 10/04/2010, FAO, Roma. 2010
- FUJIMURA, T. Notes on the development of a practical mass culturing technique for the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. Indo-Pac. Fish Counc.* 12<sup>th</sup>. IPFC/C66/WP47. Honolulu, 4 p.1966.
- FURTADO, P.S., POERSCH, L.H., WASIELESKY, W., 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, 321, 130-135.

- FIÈVET, É., 1999. An experimental survey of freshwater shrimp migration in an unimpounded stream of Guadeloupe Island, Lesser Antilles. *Archive. für Biol.*, 144: 339-355.
- GAMBA, A.L., 1982. *Macrobrachium*: its presence in estuaries of the northern Venezuelan coast (Decapoda, Palaemonidae). *Caribbean Journal of Science* 18, 23-25.
- GATESOUBE, F.J. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture*, v. 180, p.147-165. 1999.
- GRAZIANI, C. A.; CHUNG, K. S.; DONATO, M. Comportamiento reproductivo y fertilidade de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) em Venezuela. *Revista de Biologia Tropical*, v. 41, n. 3A, p. 657-665, 1993.
- GRAZIANI, C.A., DONATO, M., CHUNG, K.S. Salinidades óptimas en larvas y postlarvas de *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda: Palaemonidae). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 34, p. 33-40, 1995.
- GRAZIANI, C.; MORENO, C.; VILLARROEL, E.; ORTA, T.; LODEIROS, C.; DONATO, M. D. Hybridization between freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) and *M. carcinus* (L.). *Aquaculture*, v. 217, p. 81-91, 2003.
- GRIESSINGER, J.M., ROBIN, T., POLLET, T., PIERRE, M.J., 1989. Progress in use of biological filtration in mass production of *Macrobrachium rosenbergii* in closed system in French Guiana. *Journal of the World Aquaculture Society* 20(1), 41A.
- HELLER, C. 1862. Beiträge zur näheren Kenntniss der Macrouren. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien* 45(1), 389-426.
- HERMAN F.; FIEVET E.; BOUCHER P. Potentialités et intérêts de l'élevage larvaire de la crevette d'eau douce indigène *Macrobrachium carcinus* (L.) (Palaemonidae) aux Antilles françaises. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, v. 352, p. 81-90, 1999.
- HIRAYAMA, K. Circulatory system for rearing aquatic animals and related water quality control. *Baioteku*, v.3, p. 605-609, 1972.
- HIRAYAMA, K. Water control by filtration in closed culture systems. *Aquaculture*, v.4, n.4, p. 605-609, 1974.
- HOLTHUIS, L. B. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemonidae. *Occasional Papers, Allan Hancock Foundation* 12, 1-396, 1952.
- HOLTHUIS, L. B. FAO species catalogue. Shrimps and Prawns of the World. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fish Synopses*, v. 125, n. 1, 1980. 271 p.
- HORNE, F., BEISSER, S., 1977. Distribution of river shrimp in the Guadalupe and San Marcos Rivers of central Texas, USA (Decapoda, Caridea). *Crustaceana* 33(1), 56-60.

- IBAMA, 2004. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004. ([http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes\\_normativas/IN05\\_2004\\_MM\\_A\\_Aquaticosamea%C3%A7ados.pdf](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/IN05_2004_MM_A_Aquaticosamea%C3%A7ados.pdf) . Acesso em 10 Janeiro 2014)
- INTANAI, I., TAYLOR, E.W., WHITELEY, N.M., 2009. Effects of salinity on rates of protein synthesis and oxygen uptake in the post-larvae and juveniles of the tropical prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Comparative Biochemistry and Physiology A* 152, 372–378.
- KAISER, G. E., WHEATON, F. W., 1983. Nitrification filter for aquatic culture systems: state of the art. *Journal of the World Mariculture Society* 14, 302–24.
- KEYSAMI, M. A.; SAAD, C. R.; SIJAM, K.; DAUD, H. M.; ALIMON, A. R. Effect of *Bacillus subtilis* on growth development and survival of larvae *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture Nutrition*, v. 13, p.131-136. 2007.
- KRUMMENAUER, D., PEIXOTO, S., CAVALLI, R. O., POERSCH, L. H., WASIELESKY, W., 2011. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *Journal of the World Aquaculture Society* 42 (5), 726-733.
- KRUMMENAUER, D., SEIFERT, C.A., POERSCH, L.H., FOES, G.K., LARA, G.R., WASIELESKY, W., 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. *Atlântica* 34 (2), 103-111.
- KUTTY, M. N.; HERMAN, F.; LE MENN, 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, cap. 21, p. 393-410, 2000.
- KUTTY, M. N.; VALENTI, W.C. 2010. Culture of other freshwater prawn species. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. (Eds.) *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Blackwell Science, Great Britain, p. 502-522, 2010.
- KUHN, D.D., BOARDMAN, G.D., LAWRENCE, A.L., MARSH, L., FLICK, G.J., 2009. Microbial floc meals as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture* 296, 51–57.
- LARA-HERNÁNDEZ, L. R., 2006. Morfometría y biología reproductiva de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda, Palaemonidae), río San Carlos-río San Juan, Costa Rica-Nicaragua. Tesis Licenciatura en Biología con énfasis en Recursos Acuáticos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología, San José (Costa Rica), 66 p.

- LARA, L.R., WEHRTMANN, I.S., 2009. Reproductive biology of the freshwater shrimp *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda, Palaemonidae) from Costa Rica, Central America. *Journal of Crustacean Biology* 29(3), 343-349.
- LAVENS, P.; SORGELOOS, P. *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Technical. Paper, No 361. 295p. 1996.
- LEE, C.L., 1982. Progress in developing standardised system for production of juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) at Mardi, Malacca. In: New, M.B. (Ed.), *Giant Prawn Farming, Development in Aquaculture and Fisheries Science*. Techn. Session I: 5. Elsevier, Amsterdam, pp. 462-483.
- LEWIS, J.B., 1961. Preliminary experiments on the rearing of the freshwater shrimp, *Macrobrachium carcinus* (L.). *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 14, 199-201.
- LEWIS, J. B.; WARD, J. Development stages of the palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). *Crustaceana*, v. 9, p. 137-138. 1965.
- LEWIS, J.B., WARD, J., MCIVER, A. The breeding cycle, growth and food of fresh water shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus). *Crustaceana* 10(1), 48-52. 1966.
- LING, S. W.; COSTELLO, T. J. The culture of freshwater prawns: a review. In *Advances in Aquaculture. Papers presented in the FAO Technical Conference on Aquaculture, 26 May – 02 June 1976, Kyoto*, (Ed. by T.V.R. PILLAY & W.A. DILL), pp. 299-304. Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford. 1979.
- LING, S. W.; MERICAN, A. B. O. Notes on the life and habits of the adults and larval estages on *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Indo-Pacific Fisheries Council Proc.*, v.9, n.2, p.55-61, 1961.
- LINNAEUS, C., 1758. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*. Editio decima, reformata, Vol. 1. Laurentii Salvii, Holmiae [Stockholm]. ii, 824 pp.
- LOBÃO, V. L. *Camarão-da-malásia: larvicultura*. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. 119p.
- LOBÃO, V. L.; ROJAS, N. E. T. *Camarões de água doce da coleta ao cultivo e à comercialização*. Coleção Brasil Agrícola. Ícone Editora. São Paulo. 1985.
- LOBÃO, V.L., VALENTI, W.C., MELLO, J.T.C., 1985. Fecundidade em *Macrobrachium carcinus* (L.) do Rio Ribeira de Iguape. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo 12, 1-8.
- LOBÃO, V.L.; VALENTI, W.C.; MELLO, J.T.C., 1986. Crescimento relativo de *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda, Palaemonidae). *Boletim do Instituto de Pesca* 13:105-9.

- LOBÃO, V.L., LUZIA, L.A., SAMPAIO, G.R., HORTENCIO, E.; SOUZA, A.M., 1998. Estudo comparativo entre quatro métodos de sistemas fechados de circulação em larvicultura de *Macrobrachium rosenbergii*. Boletim do Instituto de Pesca 5, 101-109.
- MAGO-LECCIA, F., 1995. El cultivo del camarón de río *Macrobrachium carcinus*, un potencial desestimado en Venezuela. FONAIAP Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Anzoátegui, Estación Local Barcelona, Venezuela. Acesso em: 14/05/2012 <[http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd50/camaron.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd50/camaron.htm)>
- MALLASEN, M.; VALENTI, W. C. Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, v. 261, p.1292-1298. 2006.
- MANZI, J. J.; MADDIX, M. B.; SANDIFER, P. A. Algal supplement enhancement in *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) larvicultura. *Proc. World Maric. Soc.*, v. 8, p. 207-223. 1977.
- McINTOSH, D., SAMOCHA, T.M., JONES, E.R., LAWRENCE, A.L., MCKEE, D.A., HOROWITZ, S., HOROWITZ, A., 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering* 21, 215-227.
- McINTOSH, R.P. 2001. Changing paradigms in shrimp farming – V: establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquaculture Advocate* February: 53-58.
- McGRAW, W. J. 2002. Utilization of heterotrophic and autotrophic bacteria in aquaculture. *Global Aquaculture Advocate* December: 82-83.
- McNEIL, R. 2000. Zero exchange, aerobic, heterotrophic systems: key considerations. *Global Aquaculture Advocate* June: 76.
- MEJÍA-ORTÍZ, L. M., ALVAREZ, F., ROMÁN, R., VICCON-PALE, J. A., 2001. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan River, Veracruz, Mexico. *Crustaceana* 74, 69-77.
- MELO, G. A. S. (Ed.), 2003. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil. Edições Loyola: Centro Universitário São Camilo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. pp. 429.
- MELO, G. A. S., COELHO, P. A., 2008. *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). In: Machado, A.B.M., Drummond, G.M., Paglia, A.P. (Eds.), Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Ministério do Meio Ambiente, Brasília (Série Biodiversidade 19), 1, 277-278.

- MENASVETA, P., 1982. Effect of ozone treatment on the survival of prawn larvae *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) reared in a closed recirculating water system, In: New, M.B. (Ed.), Giant Prawn Farming: Proceedings of 'Giant Prawn 1980' an International Conference on Freshwater Prawn Farming (Bangkok), 1980. Elsevier, Amsterdam, pp. 295-302.
- MICHAUD, L., BLANCHETON, J.P., BRUNI, V., PIEDRAHITA, R., 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquacultural Engineering* 34, 224–233.
- MONTENEGRO, S. C. S.; NORDI, N.; MARQUES, J. G. W. Contexto cultural, ecológico e econômico da produção e ocupação dos espaços de pesca pelos pescadores de pitu (*Macrobrachium carcinus*) em um trecho do baixo São Francisco, Alagoas, Brasil. *INCI*. v. 26, n. 11, p. 535-540, 2001.
- MORAIS-VALENTI, P. M. C.; VALENTI, W. C. Effect of Intensification on Grow Out of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 38, n. 4, p. 516-526, 2007.
- MOREIRA, G. S.; McNAMARA, J. C.; MOREIRA, P. S. The effect of salinity on the metabolic rates of some palaemonid shrimp larvae. *Aquaculture*, v. 29, p. 95-100, 1982.
- MOREIRA, G. S.; NGAN, P. V.; MOREIRA, P. S.; SHUMWAY, S. E. The effect of salinity on the osmo-ionic regulation of *Macrobrachium carcinus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 91A, p. 105-108, 1988.
- MORENO, C.A., GRAZIANI, C.A., ORTA, T.J., 2000. Reproducción natural y artificial del camarón de río *Macrobrachium carcinus* (L.). *Interciencia* 25(5), 249-253.
- MORIARTY, D.J.W. Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds. *Aquaculture*, v. 164, p.351-358. 1998.
- MORIARTY, D.J.W. Diseases Control in Shrimp Aquaculture with Probiotic Bacteria. In: BELL, C.R.; BRYLINSKY, M.; JOHNSON-GREEN P. (Ed.). *Microbial Biosystems: New Frontiers Proceedings of the eighth International Symposium on Microbial Ecology*. Atlantic Canada Society for Microbial Ecology, Halifax, Canada, 1999.
- MORENO, C. A.; GRAZIANI, C. A.; ORTA, T. J. Reproducción natural y artificial del camarón de río *Macrobrachium carcinus* (L.). *Interciencia*, v. 25, n. 5, p.249-253, 2000.
- MÜLLER, Y. M. R., 1984. Die Embryonalentwicklung von *Macrobrachium carcinus* (L.) (Malacostraca, Decapoda, Natantia). *Zoological Jahrbttcher Anatomic*. 112, 51-78.
- NEW, M. B.; D'ABRAMO, L.R.; VALENTI, W.C., SINGHOLKA, S. 2000. Sustainability of freshwater prawn culture. In: M.B. New & W.C. Valenti (Editors), *Freshwater Prawn*

- Culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science. p. 429-434.
- NEW, M.B., 2002. Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper 428. FAO, Rome.
- NEW, M. B.; KUTTY, M. N. Commercial freshwater prawn farming and enhancement around the world. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M. N. (Eds.) *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Blackwell Science, Great Britain, p. 346-396, 2010.
- OBA, M., MOLINAM, F.M.L.R, FARIA-MONTEIRO, M.T.C., 1980. Ocorrência, em água doce, de larvas de *M. acanthurus*, *M. carcinus* e *Potimirim potimirim*. *Ciência e Cultura* (Supl.) 32, 513.
- ONG, B.U., 1983. Progress in selecting an appropriate culture system for a small-scale *Macrobrachium rosenbergii* hatchery. *Aquaculture* 35, 267-72.
- PEREIRA, G., PEREIRA, M., 1982. El camarón gigante de nuestros ríos (*Macrobrachium carcinus*). *Natura* 72, 22-24.
- PINHEIRO, S. M. X.; FAÇANHA, S. C.; ABREU, V. L. B.; MAVIGNIER, G. V. L.; VIEIRA, M. J. A. F. Acasalamento em confinamento e larvicultura do pitu *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). In: *AquaCiência 2004. Tópicos especiais em biologia e aquicultura*. Vitória, ES. *Anais...* Jaboticabal, SP: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C., 2006. p. 219-226.
- POMPEU, P.S., VIEIRA, F., MARTINEZ, C.B., 2006. Utilização do mecanismo de transposição de peixes da Usina Hidrelétrica Santa Clara por camarões (Palaemonidae), bacia do rio Mucuri, Minas Gerais, Brasil. *Rev. Brasileira Zool.* 23, 293-297.
- RABANAL, H. R. The fishery for Palaemonid species and the need and potential for their culture. In: *Giant Prawn Farming, developments in aquaculture and fisheries science*, v.10 (Ed. NEW, M.B.), pp. 309-331. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam. 1982.
- RA'ANAN, Z.; COHEN, D., 1983. Production of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in Israel. II Selective Stocking of size subpopulations. *Aquaculture*, Amsterdam, v.31, p.369-379.
- RAY, A.J., SHULER, A.J., LEFFLER, J.W., BROWDY, C.L., 2009. Microbial ecology and management of biofloc systems. In: BROWDY, C.L. e JORY, D.E. (Eds.). *The rising tide, Proceedings of session on sustainable shrimp Farming*, World Aquaculture Society 2009, Baton Rouge, Louisiana USA, pp. 255-266.
- ROCHA, D., SANTOS, L., BRANCO, F.C., LIMA, J.P.V., MELO, F.; CORREIA, E., 2011. Postlarvae survival of freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758)

- reared under different feeding protocols. In: Asian Pacific Aquaculture 2011, Kochi, India. The future is here. Kochi: WAS, 2011. v. CD. pp. 92.
- ROMANO, N., ZENG, C., 2012. Osmoregulation in decapod crustaceans: implications to aquaculture productivity, methods for potential improvement and interactions with elevated ammonia exposure. *Aquaculture* 334-337, 12–23.
- SAMOCHA, T.M., PATNAIK, S., SPEED, M., ABDUL-MEHDI A., BURGER, J.M., ALMEIDA R.V., AYUB, Z., HARISANTO, M., HOROWITZ, A., BROCK, D.L., Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, v. 36, 184-191, 2007.
- SANDIFER, P.A., SMITH, T.I.J., 1975. Effects of population density on growth and survival of *Macrobrachium rosenbergii* reared in recirculating water management systems. *Proceedings of the World Mariculture Society* 6,43–53.
- SANDIFER, P.A., SMITH, T.I.J., 1978. Aquaculture of Malaysian prawns in controlled environments. *Food Technology* 32(7),36–38, 40–42, 44–45, 83.
- SANTOS, E. P.; LEAL, A. L. G.; SILVA, P. M. M.; CORREIA, E. S. Influência de diferentes dietas na sobrevivência larval do camarão de água doce *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). *Acta science biology Science*, v. 29, n. 2, p. 121-124, 2007.
- SCHRYVER, P.D., CRAB, R.; DEFOIRDT, T., BOON, N., VERSTRAETE, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277, 125–137.
- SCHNEIDER, O.; V. SERETI, E.H. EDING, J.A.J. VERRETH. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. *Aquaculture*, v. 261, p. 1239-1248. 2006.
- SIGNORET, G. P. B.; BRAILOVSKY, D. S. Adaptive Osmotic Responses of *Macrobrachium Acanthurus* (Wiegmann) and *Macrobrachium Carcinus* (Linnaeus) (Decapoda, Palaemonidae) from the Southern Gulf of Mexico. *Crustaceana*, v. 77, n. 4, p. 455-465, 2004.
- SILVA, J.W.B., PINHEIRO, F.A., AUGUSTO, J.A.M., GURGEL, J.J.S., 1981. Análise dos resultados de pescarias experimentais do camarão pitu *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758), realizadas na bacia do Rio Curu (Ceará, Brasil), no período de julho de 1978 a junho de 1980. *Boletim Técnico do DNOCS*, 39(2), 89-126.
- SILVA, C.A., 1995. Utilização de água do mar artificial em larvicultura de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae). Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura, Jaboticabal, pp. 130.

- SINGHOLKA, S., SUKAPUNT, C., 1982. Use of simple recirculation systems for larval culture of *Macrobrachium rosenbergii*. In: New, M.B. (Ed.), Giant Prawn Farming, Developments in Aquaculture and Fisheries Science Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam, 10, 291-4.
- SOARES, L.O. Observações ecológicas e aquariotécnicas de *Macrobrachium carcinus* (L.), pitu da família Palaemonidae (Crustacea). Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 549-557, 1956.
- SORGeloos, P.; COUTTEAU, P.; DHERT, P.; MERCHIE, G.; LAVENS, P. Use of brine shrimp, *Artemia* ssp., in larval crustacean nutrition: A REVIEW. *Reviews in Fisheries Science*, v. 6, n. 1-2, p. 55-68, 1998.
- SPOTTE, S., 1979. Fish and Invertebrate Culture: Water Management in Closed Systems. Wiley-Interscience, New York.
- SQUIO, C.R.; ARAGÃO, G.M.F. Estratégias de cultivo para produção dos plásticos biodegradáveis poli(3-hidroxibutirato) e poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) por bactérias. *Quim. Nova*, v. 27, n. 4, p.615-622. 2004.
- SUHARTO, H.H., ISMAIL, A., POERNOMO, A., 1982. Breeding technique of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in conical fiber glass tanks. In: New, M.B. (Ed.), Giant Prawn Farming, Development in Aquaculture and Fisheries Science. Techn. Session I: 3. Elsevier, Amsterdam, pp. 115-122.
- SUITA, S. M.; BOURG, C. T.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. Jr. O uso de diferentes fontes de carbono no desenvolvimento de flocos microbianos no cultivo do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). In: AquaCiência 2008, Maringá, PR. *Anais ... Maringá, PR: AquaCiência, 2008.*
- VALENTI, W. C. *Cultivo de Camarões de Água Doce*. São Paulo: Nobel, 1985. 82p.
- VALENTI, W. C. Freshwater prawn culture in Brazil. *World aquaculture*, v. 24, n.1, p. 30-34, 1993.
- VALENTI, W.C., 1996. Criação de camarões em águas interiores. FUNEP, Jaboticabal, pp. 81.
- VALENTI, W. C. Brazil's Inland Aquaculture. Freshwater Fish Dominate Production. *Aquaculture Advocate*, v. 10, n. 3, p. 30-32, 2007.
- VALENTI, W. C.; DANIELS, W. H. Recirculation hatchery systems and management. In: New, M. B.; Valenti, W. C. (Eds.) *Freshwater Prawn Culture: The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science, Great Britain, p. 69-90, 2000.

- VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H. 2006. Economics and management of freshwater prawn culture in Western Hemisphere. In: P.S. Leung & C. Engle (Editors) *Shrimp Culture: Economics, Market, and Trade*. Oxford, Blackwell Science. p. 263-278.
- VALENTI, W. C., MELLO, J. T. C., LOBÃO, V. L., 1986. Dinâmica da reprodução de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Ciência e Cultura*, 38(7), 1256-1262.
- VALENTI, W. C., MELLO, J. T. C.; LOBÃO, V. L., 1994. Maturation and growth curves of *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from Ribeira de Iguape River, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 11:649–58.
- VALENTI, W. C.; MALLASEN, M.; SILVA, C. A. Larvicultura em sistema fechado dinâmico. In: VALENTI, W. C. (Eds.). *Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões*. Brasília: IBAMA; FAPESP. p.115-144. 1998.
- VALENTI, W. C., DANIELS, H. W., NEW, B. M., CORREIA, E. S., 2010. Hatchery Systems and Management. In: NEW, M. B., VALENTI, W. C., TIDWELL, J. H., D'ABRAMO, L.R., KUTTY, M. N. (Eds.), *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Blackwell Science, Great Britain, pp. 55-85.
- WASIELESKY, W., ATWOOD, H., STOKES, A., BROWDY, C. L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258, 396–403.
- WIEGMANN, A. F. A., 1836. Beschreibung einiger neuen Crustaceen des Berliner Museums aus Mexico und Brasilien. *Archive für Naturgeschichte* 2, 145-151.

## 5- ARTIGOS CIENTÍFICOS

### 5.1 - Artigo científico I

**SALINIDADE LETAL E SOBREVIVÊNCIA DE LARVAS DE**  
***Macrobrachium carcinus* LINNAEUS, 1758 (DECAPODA: PALAEMONIDAE)**  
**SUBMETIDAS A ESTRESSE OSMÓTICO**

**João Paulo V. Lima**, Rodolfo de Paula Ferreira, Rivaldo S. Gomes Junior, Maria Gabriela P. Ferreira, Fabiana P. Melo, Humber Agrelli Andrade, Eudes S. Correia



Manuscrito a ser submetido à revista

*Aquaculture*, ISSN 0044-8486.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

1 **Salinidade letal e sobrevivência de larvas de *Macrobrachium carcinus* Linnaeus, 1758**

2 **(Decapoda: Palaemonidae) submetidas a estresse osmótico**

3

4 João Paulo V. Lima <sup>a,\*</sup>, Rodolfo de Paula Ferreira <sup>b</sup>, Rivaldo S. Gomes Junior <sup>b</sup>, Maria  
5 Gabriela P. Ferreira <sup>b</sup>, Fabiana P. Melo <sup>b</sup>, Humber Agrelli Andrade <sup>c</sup>, Eudes S. Correia <sup>b</sup>

6

7 <sup>a</sup> Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, Av. General San Martin, 1371 Bongi, Recife,  
8 PE 50761-000, Brazil;

9 <sup>b</sup> Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola, Departamento de Pesca e Aquicultura,  
10 UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brazil;

11 <sup>c</sup> Laboratório de Modelagem Estatística Aplicada, Departamento de Pesca e Aquicultura,  
12 UFRPE, Recife, PE 52171-900, Brazil;

13

14 \* Corresponding author. Tel.: +55 81 3320.6517; Fax: +55 81 3320.6502.

15 *E-mail address:* joaopaulo\_lima@hotmail.com (J.P.V. Lima); ecorreia@depaq.ufrpe.br (E.S.  
16 Correia)

17

18 **RESUMO**

19 As larvas de pitu *Macrobrachium carcinus*, assim como outras espécies do gênero,  
20 necessitam de água salobra para completar o seu desenvolvimento. No estuário estas larvas  
21 estão sujeitas a uma ampla variação da salinidade, resultado das marés, ventos e ação da  
22 chuva. O objetivo deste trabalho foi determinar a salinidade letal (SL<sub>50</sub>) e avaliar a  
23 sobrevivência das larvas de *M. carcinus* submetidas a um teste de estresse osmótico, visando  
24 sugerir uma faixa de salinidade apropriada para criação das larvas desta espécie. Fêmeas  
25 ovígeras de *M. carcinus* foram capturadas no ambiente natural e levadas ao laboratório para

26 incubação dos ovos e posterior eclosão das larvas. As fêmeas foram colocadas em água doce,  
27 em caixas de 50 L (1 a 2 fêmeas/caixa), para a eclosão das larvas. As larvas recém-eclodidas  
28 em água doce foram aclimatadas as salinidades 16 e 20‰ e criadas durante 20 a 22 dias, até  
29 atingirem o estágio Zoea VI ( $Z_{VI}$ ), quando foram submetidas a dois testes de estresse. No  
30 *Teste 1*, as larvas  $Z_{VI}$  foram transferidas, sem aclimação, da salinidade 16‰ para às  
31 salinidades 0, 4, 8, 12, 16 (controle), 20, 24 e 28‰ e observada a sobrevivência durante 96  
32 horas. No *Teste 2*, as larvas  $Z_{VI}$  foram transferidas, sem aclimação, da salinidade 20‰ para  
33 às salinidades 0, 4, 8, 12, 16, 20 (controle), 24, 28, 32, 36 e 40‰ e observada a sobrevivência  
34 durante 120 horas. Os testes foram realizados em recipientes plásticos de 2L (1,0-1,5 L  
35 volume útil) com densidade de 50 larvas.L<sup>-1</sup> e sob aeração constante. Para cada salinidade  
36 testada foram realizadas três repetições. Foi mantido o fotoperíodo natural e, em condições  
37 controladas, o pH, a temperatura e o oxigênio dissolvido. As larvas foram alimentadas duas  
38 vezes ao dia (08:00 e 16:00 h) com artêmia na proporção de 1-2 náuplios mL<sup>-1</sup> (40 náuplios  
39 larva<sup>-1</sup>). Diariamente, foi realizada renovação total da água das unidades e os indivíduos  
40 mortos foram retirados e contados. Ao final, a sobrevivência máxima no *Teste 1* (96 h) foi  
41 46,7% (em salinidade 20 e 24‰) enquanto que, para o *Teste 2* (120 h) foi 71,3% (em  
42 salinidade de 28‰). Nos dois testes, em poucas horas foi observado 100% de mortalidade  
43 larvas  $Z_{VI}$  de *M. carcinus* submetidas à salinidade 0 e 4‰. As larvas criadas em salinidade  
44 20‰ obtiveram melhores resultados de sobrevivência. Com base nos modelos gerados, uma  
45 faixa apropriada para as larvas  $Z_{VI}$  de *M. carcinus* seria entre 18 e 24‰.

46

47

48 *Palavras-chave:* *Macrobrachium carcinus*, pitu, salinidade, sobrevivência, criação de larvas,  
49 camarão de água doce.

50

## 51 1. Introdução

52 As espécies de camarões de água doce mais adequadas ao cultivo são as do gênero  
53 *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae). Existem aproximadamente 200 espécies,  
54 distribuídas nas zonas tropicais e subtropicais do mundo (Holthuis, 1980). No Brasil, o  
55 gênero *Macrobrachium* ocorre nas principais bacias hidrográficas e está representado por 18  
56 espécies (Melo, 2003). Entretanto, apenas *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758), *M.*  
57 *acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *M. amazonicum* (Heller, 1862) são exploradas pela pesca  
58 artesanal e aquicultura (Valenti, 1993; Bertini e Valenti, 2010).

59 O *M. carcinus*, conhecido no nordeste do Brasil como “camarão pitu” ou “pitu”  
60 (*Painted river prawn* - nome inglês na FAO), é encontrado em ambientes de água doce e  
61 estuarinos ao longo da costa leste das Américas desde a Flórida até o sul do Brasil, incluindo  
62 algumas ilhas do Caribe (Holthuis, 1952, 1980; Lewis, 1961; Lewis e Ward, 1965;  
63 Choudhury, 1971a; Graziani et al. 1993; Bond-Buckup e Buckup, 1989; Bowles et al., 2000;  
64 Melo, 2003). Grandes populações selvagens estavam presentes nos EUA, México, Venezuela  
65 e Brasil, até meados do século passado (Kutty e Valenti, 2010).

66 O *M. carcinus* tem reconhecida importância econômica e, pelo fato de atingir grandes  
67 tamanhos (♀ 170 a 265 mm; ♂ 230 a 300 mm), possui grande potencial para o cultivo (Ingle  
68 e Eldred, 1960; Lewis, 1961; Lewis e Ward, 1965; Holthuis e Rosa, 1965; Lewis et al., 1966;  
69 Dugan e Frakes, 1973; Ling e Costello, 1979; Holthuis, 1980; Valenti, 1985, 1993; Bertini e  
70 Valenti, 2010). Nas últimas décadas tem sido um alvo constante da exploração comercial da  
71 pesca artesanal em diversos países (Holthuis, 1980; Silva et al., 1981; Rabanal, 1982;  
72 Chauvin, 1992; Graziani et al., 1993; Bowles et al., 2000; Montenegro et al., 2001).  
73 Entretanto, as capturas vêm reduzindo significativamente devido, principalmente, à poluição  
74 e destruição dos ecossistemas naturais e a sobrepesca (Valenti, 1993; Herman et al., 1999;  
75 Bowles et al., 2000). No Brasil, o pitu está atualmente inserido na lista de espécies ameaçadas

76 de extinção do Ministério de Meio Ambiente (Melo e Coelho, 2008) e a pesca está proibida  
77 desde 2004, exceto para fins científicos mediante autorização especial (IBAMA, 2004).

78 A reprodução de espécies anfidrômicas, como o *M. carcinus*, ocorre no curso superior  
79 dos rios (Pompeu et al., 2006), principalmente durante a estação chuvosa (Lewis et al., 1966;  
80 Pereira e Pereira, 1982; Valenti et al., 1986). O *M. carcinus* produz uma grande quantidade  
81 de larvas (Lobão et al., 1985; Graziani et al., 1993, 2003; Anger e Moreira, 1998; Moreno et  
82 al., 2000; Mejía-Ortíz et al., 2001; Lara e Wehrtmann, 2009) que eclodem em água doce ou  
83 salobra (Lewis e Ward, 1965; Choudhury, 1971a; Coelho et al., 1981, 1982), e são carregadas  
84 passivamente até o estuário, onde se desenvolvem (Lewis et al., 1966; Dugan e Frakes, 1973;  
85 Dugan et al., 1975; Oba et al., 1980; Gamba, 1982). Entretanto, também é observada uma  
86 migração das fêmeas ovígeras em direção às regiões costeiras (Chávez-Alarcón e Chávez,  
87 1976; Silva et al., 1981). Posteriormente, as pós-larvas e juvenis migram rio acima em  
88 direção à água doce, onde se desenvolvem até a fase adulta (Fièvet, 1999; Benstead et al.,  
89 2000; Pompeu et al., 2006). Segundo Horne e Beisser (1977), o camarão pitu *M. carcinus*  
90 pode migrar mais de 300 km rio acima.

91 A salinidade é um dos fatores abióticos mais importantes que influencia não só a  
92 distribuição e abundância dos crustáceos, mas também sua fisiologia geral e bem-estar  
93 (Intanai et al., 2009; Romano e Zeng, 2012). Camarões do gênero *Macrobrachium* são  
94 colonizadores recentes da água doce, devido à capacidade de regular a osmolaridade da  
95 hemolinfa em relação ao ambiente em que vivem, através da osmorregulação para controlar a  
96 pressão osmótica, e suportarem variações de salinidade (Freire et al., 2003; Ordiano et al.,  
97 2005; Charmantier et al., 2009).

98 Signoret e Brailovsky (2004) citam que a salinidade máxima que um indivíduo adulto  
99 de *M. carcinus* suporta é de 30‰, o que impede a distribuição da espécie em águas salgadas.  
100 Por outro lado, as larvas exigem salinidade variando de 5 a 15‰ durante o início do

101 desenvolvimento, enquanto juvenis e adultos preferem baixas salinidades (0-5‰) (Chung,  
102 2001). O comportamento fisiológico desta espécie exige águas salobras com salinidade  
103 variada, confirmando a necessidade de ajustes de diferentes salinidades ao longo do seu  
104 desenvolvimento ontogenético (Graziani et al., 1995; Chung, 2001).

105 Assim como outras espécies de *Macrobrachium*, as larvas de pitu necessitam de água  
106 salobra para completar o seu desenvolvimento (Holthuis, 1952; Lewis e Ward, 1965;  
107 Choudhury, 1971a, b; Gamba, 1982; Moreira et al., 1982, 1988; Rocha e Bueno, 2004) e,  
108 portanto, estão sujeitas a uma ampla variação da salinidade durante o ciclo de vida. Em  
109 ambientes estuarinos, estes organismos aquáticos estão expostos à mudanças bruscas de  
110 salinidade, resultado das marés, ventos e da ação chuva. Sabe-se que estas regiões possuem  
111 uma grande mistura entre a água doce e a salgada (Loitzenbauer e Mendes, 2011) e os  
112 organismos aquáticos que vivem nestes ambientes, como é o caso das larvas de *M. carcinus*,  
113 necessitam de adaptações para sobreviverem às variações de salinidade, onde o mais efetivo é  
114 a habilidade da osmorregulação (Anger, 1995), mecanismo de transporte ativo de íons  
115 (Berger e Kharazova, 1997).

116 Vários autores têm estudado o efeito da salinidade no desenvolvimento de larvas de  
117 camarões de água doce (Read, 1986; Mallasen, 1997; Araujo, 2005; Lal et al., 2012); na  
118 resposta osmorregulatória em juvenis e adultos (Moreira et al., 1983, 1988; Signoret e  
119 Brailovsk, 2004); no consumo de oxigênio em larvas e adultos (McNamara et al., 1986;  
120 Zanders e Rodríguez, 1992; Ismael e Moreira, 1997), dentre vários outros estudos.

121 Muitos autores têm avaliado o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento larval do  
122 *M. carcinus* (Lewis e Ward, 1965; Choudhury, 1971b; Moreira et al., 1988; Herman et al.,  
123 1999). Larvas de *M. carcinus* sobrevivem em água doce por apenas cinco ou seis dias,  
124 morrendo sem mudança de estágio (Choudhury, 1971b). Moreira et al. (1982) relataram que  
125 larvas zoea I de *M. carcinus* conseguem regular a taxa metabólica em salinidades variando de

126 7 a 35‰, demonstrando uma boa resposta a amplas flutuações de salinidade. Graziani et al.  
127 (1995) observaram que a salinidade deve ser elevada de 1 a 2‰/dia, atingindo um máximo de  
128 15‰ ao nono dia (zoea III). Herman et al. (1999) observaram que os melhores resultados  
129 foram obtidos com salinidade variando de 12 a 21‰. Coelho et al. (1981, 1982) registraram  
130 que 24‰ seria mais adequada para o cultivo das larvas de *M. carcinus* e Valenti (1985)  
131 recomenda salinidade entre 20 e 24‰.

132 Estes diferentes resultados sugerem que populações locais se adaptam a diferentes  
133 parâmetros ambientais existentes, evidenciando a carência de informações a respeito dos  
134 requerimentos de salinidade desta espécie (Kutty e Valenti, 2010), principalmente durante o  
135 ciclo larval. O objetivo deste trabalho foi determinar a salinidade letal (SL50) e avaliar a  
136 sobrevivência das larvas de *M. carcinus* submetidas a um teste de estresse osmótico, visando  
137 sugerir uma faixa de salinidade apropriada para criação das larvas desta espécie.

138

## 139 **2. Material e métodos**

### 140 *2.1. Coleta e manutenção das fêmeas ovígeras*

141 Fêmeas ovígeras de *M. carcinus* foram capturadas (Licença No. 35782-2  
142 MMA/ICMBio/SISBIO) no Rio Una (08°47'14,8"S e 035°12'35,4"W), em Barreiros-PE,  
143 Brasil. Foram utilizados “covos” (armadilhas típicas feitas de bambu) iscados com pedaços  
144 de coco, que têm maior durabilidade (até oito dias) e atratibilidade para o pitu. Os animais  
145 coletados foram acondicionados em sacos plásticos (com oxigênio sob pressão) e  
146 transportados até as instalações da Larvicultura de Camarão de Água Doce na Estação de  
147 Aquicultura Continental Professor Johei Koike da Universidade Federal Rural de  
148 Pernambuco (UFRPE), Recife – PE, onde foram desenvolvidos os estudos.

149 No laboratório, as fêmeas ovígeras de *M. carcinus* com peso variando de 28,1 a 116,9  
150 g (51,4±26,8 g) e comprimento total de 10,9 a 18,4 cm (13,0±2,1 cm) foram aclimatadas,

151 com gradativa renovação de água, e mantidas em um tanque de 500 L, até que atingissem um  
152 estágio avançado de desenvolvimento embrionário conforme Correia et al. (2011a, b). Foi  
153 mantido o fotoperíodo natural (13h claro: 11h escuro), com temperatura da água entre 28 e  
154 30°C e aeração constante. A alimentação constou de uma ração específica para reprodutores  
155 de camarão marinho, com 54% P.B. (BREED-Shrimp<sup>®</sup>, INVE Aquaculture Inc., Salt Lake  
156 City, UT, USA), fornecida *ad libitum*, duas vezes ao dia. Os restos de alimento e fezes foram  
157 sifonados uma vez ao dia e realizada troca de água a cada dois dias (1/3 do volume total do  
158 tanque).

159 Diariamente foi observado o estágio de desenvolvimento embrionário dos ovos de  
160 cada fêmea. As fêmeas com avançado estágio embrionário (ovos com coloração cinza escuro)  
161 foram transferidas para as caixas de eclosão com volume de 50 L (1 a 2 fêmeas/caixa), após  
162 desinfecção em solução de hipoclorito de sódio (50 ppm cloro ativo) durante 30 segundos. As  
163 eclosões ocorreram em água doce, principalmente durante as primeiras horas da noite. As  
164 larvas recém-eclodidas foram concentradas e coletadas por sifonamento em uma das  
165 extremidades da caixa, com o auxílio de uma fonte luminosa (larvas com fototaxia positiva)  
166 (Choudhury, 1971a), quantificadas por análise volumétrica (Dugan et al., 1975) e,  
167 posteriormente, transferidas para os tanques de cultivo.

168

## 169 2.2. Cultivo e manejo das larvas

170 O cultivo e o manejo das larvas de *M. carcinus* foram realizados conforme os métodos  
171 descritos por Choudhury (1971a, b), Dugan et al. (1975), Coelho et al. (1981, 1982), Santos  
172 et al. (2007), Correia et al. (2011a, b) e Rocha et al. (2011). As larvas de *M. carcinus* foram  
173 criadas durante 20 a 22 dias, na densidade de 400 a 500 larvas.L<sup>-1</sup>, até atingirem o VI estágio  
174 zoea (Z<sub>VI</sub>), quando foram submetidas aos testes de variação brusca de salinidade. Dois ciclos  
175 de larvicultura foram desenvolvidos separadamente. No primeiro, as larvas foram cultivadas

176 em salinidade 16‰, enquanto no segundo, a salinidade adotada foi 20‰. Assim, as larvas  
177 recém-eclodidas em água doce, foram gradativamente aclimatadas à água salobra (elevação  
178 de 4‰ a cada 6 horas) até atingirem a salinidade utilizada no cultivo (16 ou 20‰,  
179 respectivamente).

180 Foram utilizados dois tanques circulares em fibra de vidro, com capacidade para 250L  
181 (200L volume útil), equipados com filtro biológico (JEBO<sup>®</sup> External Filter, modelo 839) e  
182 aquecedor com termostato (JEBO<sup>®</sup> Aqua Heater–200W). A cada dois dias, água doce filtrada  
183 foi adicionada ao sistema para compensar as perdas por evaporação e ajustar a salinidade. O  
184 fotoperíodo foi natural (13h claro: 11 h escuro). A aeração foi constante nos tanques de  
185 cultivo, assegurando níveis acima de 5 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>. A temperatura da água foi mantida entre 27  
186 e 30°C, enquanto o pH variou de 7,5 a 8,6. Os compostos nitrogenados foram mantidos em  
187 níveis baixos (amônia total < 0,01 mg.L<sup>-1</sup>; nitrito < 0,01 mg.L<sup>-1</sup>; nitrato < 3,0 mg.L<sup>-1</sup>)  
188 conforme recomendado por Valenti et al. (1998) e Correia et al. (2000).

189 A alimentação das larvas teve início no terceiro dia após a eclosão e foi composta por  
190 náuplios de *Artemia* recém-eclodidos (*Artemia* cysts GSL<sup>®</sup>, INVE Aquaculture Inc.),  
191 fornecidos duas vezes ao dia, às 8:00 e 17:00 h (5 a 10 náuplios/larva/dia). A partir do IV  
192 estágio zoea (Z<sub>IV</sub>), foi adicionada às 12:00 h uma ração específica para larvas de camarão  
193 marinho (Sanoguard<sup>®</sup> S-PAK, Inve Aquaculture), com 40% de proteína bruta. Diariamente,  
194 foi realizado o sifonamento das sobras de alimento e outros resíduos orgânicos no tanque.

195

### 196 2.3. Testes de tolerância à mudança na salinidade

197 Para avaliação da tolerância das larvas de pitu *M. carcinus* à mudanças de salinidade  
198 foram realizados dois testes, o primeiro com larvas cultivadas inicialmente em salinidade  
199 16‰ e o segundo com larvas oriundas da salinidade 20‰.

200

201        *2.3.1. Teste 1 – Salinidade inicial 16‰*

202            Larvas Z<sub>VI</sub> provenientes da desova de uma única fêmea foram transferidas, sem  
203 aclimatação, da salinidade 16‰ para as salinidades 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28‰. Foram  
204 utilizados 24 recipientes plásticos preenchidos com 1 L de água, estocados com 2.400 larvas  
205 (50 larvas.L<sup>-1</sup>) durante 96 horas, com três repetições para cada salinidade. A salinidade da  
206 água foi ajustada um dia antes, por diluição de água do mar com água doce, previamente  
207 filtradas, esterilizadas com hipoclorito de sódio (10 ppm de cloro ativo) e decloradas com  
208 vitamina C (1 mg.L<sup>-1</sup>) sob aeração por 24 horas. A salinidade foi mensurada com  
209 equipamento multiparâmetro (YSI 556 MPS multi-probe, YSI Incorporation). Foi mantido  
210 fotoperíodo natural, temperatura de 29,7±2,1°C, pH de 8,6±0,25 e aeração constante, com  
211 níveis de oxigênio dissolvido de 5,8±0,45 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>.

212            As larvas foram alimentadas duas vezes ao dia (08:00 e 16:00 h) com náuplios  
213 artêmia na proporção de 1-2 mL<sup>-1</sup> (40 náuplios larva<sup>-1</sup>). A água das unidades experimentais  
214 foi renovada diariamente (50%.dia<sup>-1</sup>) e os indivíduos mortos foram retirados e contados. A  
215 sobrevivência foi registrada 24, 48, 72 e 96h após exposição à cada salinidade. A ausência de  
216 movimentos e resposta ao toque, com uso de uma micropipeta, foram os critérios adotados  
217 para determinar a morte das larvas.

218

219        *2.3.2. Teste 2 – Salinidade inicial 20‰*

220            Larvas Z<sub>VI</sub> provenientes da desova de uma única fêmea foram transferidas, sem  
221 aclimatação, da salinidade 20‰ para as salinidades 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 e 40‰.  
222 Foram utilizados 33 recipientes plásticos com 1,6 L de água, estocados com 2.640 larvas (50  
223 larvas.L<sup>-1</sup>) durante 120 horas, com três repetições para cada salinidade. A salinidade da água  
224 foi ajustada um dia antes por diluição de água do mar com água doce, previamente filtradas,  
225 esterilizadas com hipoclorito de sódio (10 ppm de cloro ativo) e decloradas com vitamina C

226 (1 mg.L<sup>-1</sup>) e sob aeração por 24 horas. A salinidade foi mensurada com equipamento  
227 multiparâmetro (YSI 556 MPS multi-probe, YSI Incorporation). Foi mantido fotoperíodo  
228 natural, temperatura de 30,8±1,5°C, pH de 8,4±0,37 e aeração constante, com níveis de  
229 oxigênio dissolvido de 5,0±0,47 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>.

230 As larvas foram alimentadas duas vezes ao dia (08:00 e 16:00 h) com náuplios de  
231 artêmia na proporção de 1-2 mL<sup>-1</sup> (40 náuplios larva<sup>-1</sup>). A água das unidades experimentais  
232 foi renovada diariamente (50%.dia<sup>-1</sup>) e os indivíduos mortos foram retirados e contados. A  
233 sobrevivência foi registrada 24, 48, 72, 96 e 120h após exposição a cada salinidade. A  
234 ausência de movimentos e resposta ao toque, com uso de uma micropipeta, foram os critérios  
235 adotados para determinar a morte das larvas.

236

#### 237 2.4. Análise dos dados

238 Os dados médios de sobrevivência (%), obtidos a cada 24 horas (24, 48, 72, 96 e  
239 120h), para as diferentes salinidades utilizadas no experimento foram previamente  
240 transformados pela função  $\arcsen x^{0,5}$  e submetidos à Análise de Variância – ANOVA (*F*-  
241 test), complementada pelo teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de significância  
242  $P < 0,05$ .

243 A salinidade letal (SL<sub>50</sub>), salinidade onde ocorre a mortalidade de 50% da população,  
244 foi determinada a partir da análise de um modelo matemático proposto. A comparação da  
245 SL<sub>50</sub> entre os diferentes tempos observados foi expressa graficamente e analisada através da  
246 sobreposição dos intervalos de confiança (95%).

247 Para avaliação da relação entre a sobrevivência das larvas de *M. carcinus* e a  
248 salinidade foi utilizado um modelo de curvas logísticas adaptado de Hoydal et al. (1982):

249

$$\pi = \frac{\alpha}{[1 + \exp(\beta(s - \gamma))][1 + \exp(\delta(s - \varepsilon))]}$$

250

251 onde,  $\pi$  é a sobrevivência (proporção),  $s$  é a salinidade e  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  e  $\varepsilon$  são coeficientes a serem252 estimados. Entre estes, os de maior interesse foram  $\alpha$  que corresponde à esperança (média)253 para a máxima sobrevivência, e  $\gamma$  e  $\varepsilon$  que correspondem aos pontos de inflexão da esquerda e254 da direita (usualmente denominados  $SL_{50}$  Inferior e  $SL_{50}$  Superior, respectivamente).

255 O ajuste do modelo foi realizado pela minimização da soma dos quadrados dos

256 resíduos. Os intervalos de confiança (95%) para os parâmetros estimados foram baseados na

257 raiz quadrada do inverso da matriz hessiana. Todos os procedimentos estatísticos foram

258 realizados com o auxílio do software de estatística R, versão 3.0.1 (R Development Core

259 Team, 2013).

260

### 261 3. Resultados e discussão

#### 262 3.1. Qualidade da água

263 A temperatura média da água durante a realização dos testes foi  $30,4 \pm 1,8^\circ\text{C}$ , com264 valor máximo e mínimo de  $33,3^\circ\text{C}$  e  $26^\circ\text{C}$ , respectivamente. A temperatura ótima para a265 maioria das espécies de *Macrobrachium* varia entre 20 e  $30^\circ\text{C}$  (Dobkin, 1971; Ngoc-Ho,

266 1976; Subramanian et al, 1980). Coelho et al. (1981, 1982) indicam que, para o

267 desenvolvimento rápido das larvas, a temperatura deve ser mantida entre 26 e  $30^\circ\text{C}$ . Segundo

268 Holschmit (1990), os níveis de oxigênio dissolvido devem permanecer acima de 2,5 mg

269  $\text{O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ . Esta variável se manteve entre 3,78 e 6,75  $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ , com média de  $5,31 \pm 0,6$  mg270  $\text{O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ . Os valores mínimo e máximo de pH foram 7,66 e 9,86, respectivamente. A média271 desta variável no período foi de  $8,4 \pm 0,35$ , portanto permaneceu dentro da faixa de 7,5 a 8,7,

272 indicada por Mago-Leccia (1995) como o pH do ambiente natural desta espécie. Durante os

273 testes realizados, as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido e pH, situaram-se dentro dos  
274 padrões requeridos pelas larvas de pitu *M. carcinus* e, portanto, não tiveram influencia direta  
275 nos resultados obtidos.

276

### 277 3.2. Análise da Sobrevivência

278 A sobrevivência das larvas ( $Z_{VI}$ ) de *M. carcinus* foi severamente afetada pela  
279 mudança brusca de salinidade para 0 e 4‰, com 100% de mortalidade nas primeiras horas,  
280 em ambos os testes realizados. Nestas salinidades, 1h após a estocagem, já podia ser  
281 observado um comportamento mórbido das larvas (nado irregular e ocorrência de espasmos)  
282 com presença de 100% no fundo das unidades experimentais. Louzada et al. (2010) ao  
283 estudarem o efeito da salinidade no desenvolvimento larval do *M. carcinus*, observaram  
284 100% de mortalidade das larvas zoea I ( $Z_I$ ) mantidas em água doce durante quatro dias (96h).  
285 Choudhury (1971b) observou a mesma mortalidade, porém em um período de 5 a 6 dias  
286 (120-144h). Segundo Lal et al. (2012), as larvas  $Z_I$  de *M. lar* também morrem em 4 dias  
287 quando mantidas em água doce. Segundo McNamara et al. (1986), larvas de *M. olfersii* nos  
288 estágios zoea III, IV, V e VIII não sobrevivem em água doce por mais de 30 minutos. Os  
289 dados médios de sobrevivência das larvas  $Z_{VI}$  de *M. carcinus*, obtidos nos dois testes  
290 realizados, para as diferentes salinidades e períodos de exposição, estão sumarizados na  
291 Tabela 1.

292 No *Teste I* (larvas cultivadas inicialmente em salinidade 16‰), em um período de  
293 24h de exposição foram observadas sobrevivências variando de 81,3% a 93,3%, sem  
294 diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) para as salinidades 12-24‰. Entretanto, a sobrevivência das  
295 larvas expostas à salinidade 16‰ (controle) foi maior ( $P < 0,05$ ) que as observadas para as  
296 salinidades 8 e 28‰ (com 24 e 53,3% de sobrevivência, respectivamente). Ao final de 96h, a  
297 sobrevivência máxima observada foi 46,7%, nos tratamentos com salinidade 20 e 24‰.

298 Entretanto, estas não foram diferentes ( $P \geq 0,05$ ) das sobrevivências obtidas nos tratamentos  
299 16 e 12‰ (Tabela 1).

300 No *Teste 2* (salinidade inicial de 20‰), em 24 horas, as sobrevivências registradas  
301 para as salinidades 12 a 28‰ foram acima de 94%. Após 48h de exposição, os valores  
302 médios ainda permaneceram altos, variando de 85,8 a 95%, porém sem diferença  
303 significativa ( $P \geq 0,05$ ) entre estas salinidades. Decorridas 72h, foi registrada a mortalidade  
304 total das larvas no tratamento com exposição à salinidade 40‰. Ao final do estudo (120h) a  
305 sobrevivência máxima observada foi 71,3% na salinidade de 28‰, e acima de 61% para os  
306 demais tratamentos entre 16 e 24‰. A sobrevivência média das larvas de pitu *M. carcinus*  
307 em salinidade 12‰ (39,2%), após 120h de exposição, foi superior ( $P < 0,05$ ) a observada nas  
308 salinidades 36 e 8‰, com valores de 11,7 e 2,1%, respectivamente. Entretanto, a  
309 sobrevivência em 12‰ foi bastante inferior a observada na salinidade 28‰ (Tabela 1).

310 Borges et al. (2003), após 61 dias de cultivo, observaram mortalidade total de larvas  
311 de *M. carcinus* no estágio  $Z_{VIII}$  em salinidade 12‰. Dobkin et al. (1974) obtiveram uma  
312 sobrevivência larval até PL de 10-21% para larvas de *M. acanthurus* em condições de 16-  
313 18‰. Segundo Ismael e Moreira (1997) as larvas de *M. acanthurus* consomem menos  
314 energia quando mantidas em salinidades de 14-21‰ e temperaturas de 25-30°C. As larvas de  
315 *M. amazonicum* se desenvolvem em salinidades variando de 1-30‰, mas em salinidade 12‰  
316 observa-se um tempo de desenvolvimento mais curto e uma maior sobrevivência (Vetorelli,  
317 2008). Larvas de *M. lar* toleram água salobra com aproximadamente 10‰, contudo requerem  
318 um acréscimo gradual de salinidade alcançando 30-35‰, que deve ser mantido até a  
319 metamorfose em pós-larva (Lal et al., 2012). Herman et al. (1999) conseguiram bons  
320 resultados na criação de larvas de *M. carcinus* com salinidade variando de 12 a 21‰ (~16‰  
321 salinidade média). Segundo Coelho et al. (1981, 1982) e (Valenti, 1985), para a larvicultura de  
322 pitu *M. carcinus*, melhores sobrevivências podem ser obtidas variando de 16 a 24‰.

323

324 *3.3. Estimativas dos parâmetros e comparação dos modelos*

325 As estimativas de salinidade letal (SL<sub>50</sub>) e respectivos intervalos de confiança para  
326 larvas Z<sub>VI</sub> de *M. carcinus* submetidas às mudanças de salinidade estão representadas nas  
327 figuras 1 e 2, que correspondem, em ordem, aos resultados dos Testes 1 e 2. No *Teste 1* a  
328 SL<sub>50</sub> inferior variou de 9,26 a 11,41‰ e a SL<sub>50</sub> superior variou de 27,55 a 28,69‰. Para o  
329 *Teste 2*, estes valores variaram de 9,02 a 11,58‰ e de 33,65 a 35,55‰ respectivamente, para  
330 SL<sub>50</sub> inferior e SL<sub>50</sub> superior (Tabela 2).

331 Os intervalos de confiança (95%) foram bastante amplos. Desse modo, não foi  
332 constatada diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) entre os parâmetros estimados para os diferentes  
333 tempos de exposição à variação de salinidade, em ambos os testes. Entretanto, foi observada  
334 uma tendência evidente de redução na sobrevivência máxima estimada, onde a “janela” de  
335 salinidade ótima, que corresponde à sobrevivência máxima, se tornou cada vez mais estreita  
336 com o passar do tempo. Ou seja, o ponto de inflexão da esquerda (SL<sub>50</sub> Inferior) aumenta e o  
337 ponto de inflexão da direita (SL<sub>50</sub> Superior) diminui em ambos os testes (Fig. 1 e 2).

338 O ajuste das curvas sobrepostas, para ambos os testes realizados (Fig. 3 e 4,  
339 respectivamente), mostra uma evidência clara de que a sobrevivência máxima decresce no  
340 decorrer do tempo. A sobrevivência máxima estimada variou de 94% (24 h) a 46% (96 h),  
341 para as larvas oriundas da salinidade 16‰ (*Teste 1*), e de 97% (24 h) a 66% (120 h), para as  
342 larvas oriundas da salinidade 20‰ (*Teste 2*) (Tabela 2).

343 A faixa ótima de salinidade calculada para as larvas de *M. carcinus* em 96 h está entre  
344 14 e 24,9‰ (*Teste 1*) e entre 16,6 e 26,8‰ (*Teste 2*). Embora tenham sido obtidos valores de  
345 faixa ótima de salinidade bastante aproximados entre os testes, ao comparar as curvas de 96 h  
346 dos modelos gerados (Fig. 3 e 4), observa-se que a sobrevivência para o *Teste 1* (46%) foi

347 inferior ( $P < 0,05$ ) a obtida no *Teste 2* (77%). Ao final de 120 h, a faixa ótima de salinidade  
348 calculada no *Teste 2* ficou entre 17,3 e 27,2‰, com sobrevivência máxima estimada em 66%.

349 Sendo assim, na fase inicial de preparação das larvas de *M. carcinus* (criação do  
350 estágio zoea I ao VI), também chamada de *Pré-cultivo* (Correia et al., 2011a, b; Rocha et al.,  
351 2011), é mais adequado utilizar a salinidade 20‰ para se obter melhores resultados. Na fase  
352 seguinte (criação a partir do zoea VI), com base nos resultados obtidos neste trabalho, a faixa  
353 de salinidade mais adequada para esta espécie estaria entre 18 e 24‰.

354

### 355 **Agradecimentos**

356 Agradecemos ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade –  
357 ICMBio, através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, pela  
358 concessão de autorização para captura e transporte dos camarões (Licença nº 35782-2  
359 MMA/ICMBio/SISBIO). Este trabalho foi financiado com recursos do Conselho Nacional de  
360 Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Proc. CNPq Universal Nº 480717/2010-  
361 9) e da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE  
362 (Proc. Nº APQ – 0893 – 5.06/10). Eudes de Souza Correia é bolsista de Produtividade em  
363 Pesquisa do CNPq (Proc. CNPq Nº 305144/2010-3).

364

### 365 **Referências**

366 Anger, K., 1995. The conquest of freshwater and land by marine crabs: adaptations in life-  
367 history patterns and larval bioenergetics. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 193, 119- 45.  
368 Anger, K., Moreira, G.S., 1998. Morphometric and reproductive traits of tropical caridean  
369 shrimps. *J. Crustac. Biol.* 18, 823- 838.

- 370 Araujo, M.C., 2005. Efeitos da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do  
371 camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. Tese (doutor em Aquicultura em  
372 Águas continentais). Universidade Estadual Paulista (USP). Jaboticabal – SP, pp. 96.
- 373 Benstead, J.P., March, J.G., Pringle, C.M., 2000. Estuarine larval development and upstream  
374 post-larval migration of freshwater shrimps in two tropical rivers of Puerto Rico.  
375 *Biotropica* 32, 545-548.
- 376 Berger, J., Kharazova, A.D., 1997. Mechanisms of salinity adaptations in marine molluscs.  
377 *Hydrobiologia* 355, 115-126.
- 378 Bertini, G., Valenti, W.C., 2010. Importância econômica dos camarões de água doce. In:  
379 Silva, R.B., Ming, L.C. (Ed.), *Polo de Biotecnologia da Mata Atlântica: Relatos de*  
380 *Pesquisas e Outras Experiências Vividas no Vale do Ribeira*, Jaboticabal, pp. 155-170.
- 381 Bond-Buckup, G., Buckup, L., 1989. Os Palaemonidae de águas continentais do Brasil  
382 Meridional (Crustacea, Decapoda). *Rev. Brasil. Biol.* 49, 883-896.
- 383 Bowles, D.E., Aziz, K., Knight, C.L., 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea:  
384 Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of species and an assessment of  
385 threats to their survival. *J. Crustac. Biol.* 20, 158-171.
- 386 Borges, D.A., Ribeiro, R.M., Menenes, M., Barros-Junior, F.V.P., Costa, A.M., Ponte, M.L.,  
387 Mendonça, T.L.V., Ogawa, M., 2003. Dados preliminares da larvicultura do camarão pitu,  
388 *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) em laboratório. In: XIII Congresso Brasileiro  
389 de Engenharia de Pesca. Porto Seguro, BA. Porto Seguro, BA: FAEP-BR, pp. 118.
- 390 Charmantier, G., Charmantier-Daures, M., Towle, D., 2009. Osmotic and ionic regulation in  
391 aquatic arthropods. In: Evans, D.H. (Ed.), *Osmotic and Ionic Regulation. Cells and*  
392 *Animals*. CRC Press, Boca Raton, FL, New York, NY, Oxford, UK, pp. 165–230.
- 393 Chauvin, W.D., 1992. Freshwater prawns in the USA – a market in transition. *Infofish*  
394 *International* 4, 17-19.

- 395 Chávez-Alarcón, Z., Chávez, E.A., 1976. Introducción al conocimiento de la biología del  
396 langostino *Macrobrachium carcinus* (L.) en el Estado de Veracruz. In: Simposio sobre  
397 Biología y Dinámica Poblacional de camarones, 1º, México. p. 13-23.
- 398 Choudhury, P.C., 1971a. Complete larval development of the Palaemonid shrimp  
399 *Macrobrachium carcinus* (L.) reared in the laboratory. *Crustaceana* 20, 51-69.
- 400 Choudhury, P.C., 1971b. Responses of larval *Macrobrachium carcinus* (L.) to variations in  
401 salinity and diet (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 20, 113-20.
- 402 Chung, K. S., 2001. Adaptabilidade ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a  
403 cambios de salinidad. *Rev. Biol. Trop.* 49, 9-13.
- 404 Coelho, P.A., Porto, M.R., Soares, C.M.A., 1981. Cultivo de camarões do gênero  
405 *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae) no Brasil. EMPARN (Boletim Técnico  
406 6), Natal, pp. 66.
- 407 Coelho, P.A., Porto, M.R., Soares, C.M.A., 1982. Biología e Cultivo de Camarões de Água  
408 Doce. Departamento de Oceanografia – UFPE, Série Aquicultura nº 1, Recife, pp. 53.
- 409 Correia, E.S., Suwannatous, S., New, M.B., 2000. Flow-through hatchery systems and  
410 management. In: New, M.B., Valenti, W.C. (Eds.), *Freshwater Prawn Culture*.  
411 Blackwell, Oxford, pp. 52– 68.
- 412 Correia, E.S., Branco, F.C., Santos, L., Rocha, D., Melo, F., 2011a. Freshwater prawn  
413 *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) hatchery for restocking in the lower region of  
414 São Francisco River, Brazil. In: *Asian Pacific Aquaculture 2011*, Kochi, India. The  
415 future is here. Kochi: WAS, 2011. CD., pp. 91.
- 416 Correia, E.S., Lima, J.P.V., Rocha, D., Santos, L., Melo, F., Branco, F.C., 2011b. Freshwater  
417 prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) hatchery in Brazil: perspectives and  
418 challenges. In: *World Aquaculture 2011*, Natal, Brazil. *Aquaculture for a changing*  
419 *world*. Natal: WAS, 2011. CD., pp. 268.

- 420 Dobkin, S., 1971. A contribution to knowledge of the larval development of *Macrobrachium*  
421 *acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 21, 294–297.
- 422 Dobkin, S., Azzinaro, W.P., Van Montfrans, J., 1974. Culture of *Macrobrachium acanthurus*  
423 and *M. carcinus* with notes on the selective breeding and hybridization of these shrimps.  
424 *Proc. World Maricult. Soc.* 5, 51–62.
- 425 Dugan, C.C., Frakes, T.A., 1973. Culture of brackish-freshwater shrimp, *Macrobrachium*  
426 *acanthurus*, *M. carcinus* and *M. ohione*. *Proc. World Maricult. Soc.* 3, 185-191.
- 427 Dugan, C.C., Hagood, R.W., Frakes, T.A., 1975. Development of spawning and mass larval  
428 rearing techniques for brackish-freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium*  
429 (Decapoda, Palaemonidae). *Florida Marine Research Publications* 12, 1-28.
- 430 Fièvet, É., 1999. An experimental survey of freshwater shrimp migration in an unimpounded  
431 stream of Guadeloupe Island, Lesser Antilles. *Archive. für Biol.* 144, 339-355.
- 432 Freire, C.A., Cavassin, F., Rodrigues, E.N., Torres, A.H., McNamara, J.C., 2003. Adaptive  
433 patterns of osmotic and ionic regulation, and the invasion of freshwater by the  
434 palaemonid shrimp. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 136, 771–778.
- 435 Gamba, A.L., 1982. *Macrobrachium*: its presence in estuaries of the northern Venezuelan  
436 coast (Decapoda, Palaemonidae). *Caribb. J Sci.* 18, 23-25.
- 437 Graziani, C.A., Chung, K.S., Donato, M., 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidade de  
438 *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) em Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 41,  
439 657-665.
- 440 Graziani, C.A., Donato, M., Chung, K.S., 1995. Salinidades óptimas en larvas y postlarvas de  
441 *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda: Palaemonidae). *Bol. Inst. Oceanogr.*  
442 *Venezuela* 34, 33-40.

- 443 Graziani, C., Moreno, C., Villarroel, E., Orta, T.; Lodeiros, C., Donato, M.D., 2003.  
444 Hybridization between freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) and *M.*  
445 *carcinus* (L.). Aquaculture 217, 81-91.
- 446 Heller, C., 1862. Beiträge zur näheren Kenntniss der Macrouren. Sitzungsberichte der  
447 Akademie der Wissenschaften in Wien 45, 389-426.
- 448 Herman F., Fievet E., Boucher P., 1999. Potentialités et intérêts de l'élevage larvaire de la  
449 crevette d'eau douce indigène *Macrobrachium carcinus* (L.) (Palaemonidae) aux Antilles  
450 françaises. Bull. Fr. Pêche Piscic. 352, 81-90.
- 451 Holthuis, L.B., 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda,  
452 Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemonidae. Occasional Papers, Allan  
453 Hancock Foundation 12, 1-396.
- 454 Holthuis, L.B., 1980. FAO Species catalogue: shrimps and prawns of the world. An  
455 Annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish Synopses, (125) 1, pp.  
456 261.
- 457 Holthuis, L.B., Rosa, H., 1965. List of species of shrimps and prawns of economic value.  
458 FAO Fish. Tech. Pap. 52, 1-21.
- 459 Holtschmit, M., 1990. Manual técnico para el cultivo y engorda del lagostino malayo.  
460 México, FONDEPESCA, pp. 17-32.
- 461 Horne, F., Beisser, S., 1977. Distribution of river shrimp in the Guadalupe and San Marcos  
462 Rivers of central Texas, USA (Decapoda, Caridea). Crustaceana 33, 56-60.
- 463 Hoydal, K., Rorvik, C.J., Sparre, P., 1982. Estimation of effective mesh sizes and their  
464 utilization in assessment. Dana 2, 69-95.
- 465 IBAMA, 2004. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.  
466 Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004.

- 467 ([http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes\\_normativas/IN05\\_2004\\_MM](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/IN05_2004_MM)  
468 [A\\_Aquaticosamea%C3%A7ados.pdf](#). Acesso em 10 Janeiro 2014)
- 469 Ingle, R.M., Eldred, B., 1960. Notes on the artificial cultivation of fresh water shrimp. West  
470 Indies Fish. Bull. 4, 1-5.
- 471 Intanai, I., Taylor, E.W., Whiteley, N.M., 2009. Effects of salinity on rates of protein  
472 synthesis and oxygen uptake in the post-larvae and juveniles of the tropical prawn  
473 *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Comp Biochem Physiol A Mol Integr  
474 Physiol. 152, 372–378.
- 475 Ismael, D., Moreira, G.S., 1997. Effect of temperature and salinity on respiratory rate and  
476 development of early larval stages of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836)  
477 (Decapoda, Palaemonidae). Comp. Biochem. Physiol. 118A, 871 – 876.
- 478 Kutty, M.N., Valenti, W.C., 2010. Culture of other freshwater prawn species. In: New, M.B.,  
479 Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R., Kutty, M.N. (Eds.), Freshwater Prawns:  
480 Biology and Farming. Blackwell Science, Great Britain, p. 502-522.
- 481 Lal, M.M., Seeto, J., Pickering, T.D., Hodge, S. 2012. Salinity and temperature requirement  
482 for larviculture of the Monkey River prawn *Macrobrachium lar* (Fabricius, 1789)  
483 (Decapoda: Caridea: Palaemonidae). Aquaculture 366–367, 1–8.
- 484 Lara, L.R., Wehrtmann, I.S., 2009. Reproductive biology of the freshwater shrimp  
485 *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda, Palaemonidae) from Costa Rica, Central  
486 America. J. Crust. Biol. 29, 343-349.
- 487 Lewis, J.B., 1961. Preliminary experiments on the rearing of the freshwater shrimp,  
488 *Macrobrachium carcinus* (L). Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 14, 199-201.
- 489 Lewis, J.B., Ward, J., 1965. Developmental stages of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium*  
490 *carcinus* (Linnaeus, 1758). Crustaceana 9, 137-48.

- 491 Lewis, J.B., Ward, J., McIver, A., 1966. The breeding cycle, growth and food of fresh water  
492 shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus). *Crustaceana* 10, 48-52.
- 493 Ling, S.W., Costello, T.J., 1979. The culture of freshwater prawns: a review. In: PILLAY,  
494 T.V.R. & DILL, W.A. (Ed.), *Advances in Aquaculture. Papers presented in the FAO*  
495 *Technical Conference on Aquaculture, 26 May – 02 June 1976, Kyoto, Fishing News*  
496 *Books, Blackwell Science, Oxford, pp. 299-304.*
- 497 Linnaeus, C., 1758. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines,*  
498 *Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Editio decima,*  
499 *reformata, Vol. 1. Laurentii Salvii, Holmiae [Stockholm]. ii, 824 pp.*
- 500 Lobão, V.L., Valenti, W.C., Mello, J.T.C., 1985. Fecundidade em *Macrobrachium carcinus*  
501 (L.) do Rio Ribeira de Iguape. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo* 12, 1-8.
- 502 Loitzenbauer, E., Mendes, C.A.B., 2011. A dinâmica da salinidade como uma ferramenta  
503 para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira: uma aplicação à realidade  
504 brasileira. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 11, 233 –245.
- 505 Louzada, R., Amaral, A.A., Hermes, C.A., 2010. Efeito da salinidade sobre o  
506 desenvolvimento larval do camarão de água doce *Macrobrachium carcinus*. In: XV  
507 Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XI Encontro Latino Americano de  
508 Pós-graduação, pp. 4.
- 509 Mago-Leccia, F., 1995. El cultivo del camarón de río *Macrobrachium carcinus*, un potencial  
510 desestimado en Venezuela. FONAIAP Centro de Investigaciones Agropecuarias del  
511 Estado Anzoátegui, Estación Local Barcelona, Venezuela. Acesso em: 14/05/2012  
512 <[http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/Fonaiap\\_Divulga/fd50/camaron.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/Fonaiap_Divulga/fd50/camaron.htm)>
- 513 Mallasen, M. 1997. Efeito da composição iônica da água no desenvolvimento de larvas de  
514 *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) no estágio II. Dissertação (mestre em  
515 aquicultura), Universidade Estadual Paulista (USP). Jaboticabal – SP, pp. 65.

- 516 McNamara, J.C., Moreira, G.S., Souza S.C.R., 1986. The effect of salinity on respiratory  
517 metabolism in selected ontogenetic stages of the freshwater shrimp *Macrobrachium*  
518 *olfersii* (Decapoda, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 83, 359–363.
- 519 Mejía-Ortíz, L.M., Alvarez, F., Román, R., Viccon-Pale, J.A., 2001. Fecundity and  
520 distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan River,  
521 Veracruz, Mexico. *Crustaceana* 74, 69-77.
- 522 Melo, G.A.S., Coelho, P.A., 2008. *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). In: Machado,  
523 A.B.M., Drummond, G.M., Paglia, A.P. (Eds.), Livro vermelho da fauna brasileira  
524 ameaçada de extinção. Ministério do Meio Ambiente, Brasília (Série Biodiversidade 19),  
525 1, 277-278.
- 526 Melo, G.A.S. (Ed.), 2003. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do  
527 Brasil. Edições Loyola: Centro Universitário São Camilo: Museu de Zoologia,  
528 Universidade de São Paulo. pp. 429.
- 529 Montenegro, S.C.S., Nordi, N., Marques, J.G.W., 2001. Contexto cultural, ecológico e  
530 econômico da produção e ocupação dos espaços de pesca pelos pescadores de pitu  
531 (*Macrobrachium carcinus*) em um trecho do baixo São Francisco, Alagoas, Brasil. *INCI.*  
532 26, 535-540.
- 533 Moreira, G.S., McNamara, J.C., Moreira, P.S., 1982. The effect of salinity on the metabolic  
534 rates of some palaemonid shrimp larvae. *Aquaculture* 29, 95-100.
- 535 Moreira, G.S., Ngan, P.V., Moreira, P.S., Shumway, S.E, 1988. The effect of salinity on the  
536 osmo-ionic regulation of *Macrobrachium carcinus*. *Comp. Biochem. Physiol A Mol.*  
537 *Integr. Physiol.* 91A, 105-108.
- 538 Moreno, C.A., Graziani, C.A., Orta, T.J., 2000. Reproducción natural y artificial del camarón  
539 de río *Macrobrachium carcinus* (L.). *Interciencia* 25, 249-253.

- 540 Ngoc-Ho, N. 1976. The larval development of the prawns *Macrobrachium equidens* and  
541 *Macrobrachium* sp. (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Journal of*  
542 *Zoology*, London 178, 15–55.
- 543 Oba, M., Molinam, F.M.L.R, Faria-Monteiro, M.T.C., 1980. Ocorrência, em água doce, de  
544 larvas de *M. acanthurus*, *M. carcinus* e *Potimirim potimirim*. *Ciência e Cultura* (Supl.)  
545 32, 513.
- 546 Ordiano, A., Alvarez, F., Alcaraz, G., 2005. Osmoregulation and oxygen consumption of the  
547 hololimnetic prawn, *Macrobrachium tuxtlaense* at varying salinities (Decapoda,  
548 Palaemonidae). *Crustaceana* 78, 1013–1022.
- 549 Pereira, G., Pereira, M., 1982. El camarón gigante de nuestros ríos (*Macrobrachium*  
550 *carcinus*). *Natura* 72, 22-24.
- 551 Pompeu, P.S., Vieira, F., Martinez, C.B., 2006. Utilização do mecanismo de transposição de  
552 peixes da Usina Hidrelétrica Santa Clara por camarões (Palaemonidae), bacia do rio  
553 Mucuri, Minas Gerais, Brasil. *Rev. Brasileira Zool.* 23, 293-297.
- 554 Rabanal, H.R., 1982. The fishery for Palaemonid species and the need and potential for their  
555 culture. In: New, M.B. (Ed.), *Giant Prawn Farming, developments in aquaculture and*  
556 *fisheries science*. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam. 10, 309-331.
- 557 Read, G.H.L., 1986. A surface response analysis of the role of salinity in the development f  
558 larval of and post larval *Macrobrachium petersi* (Hilgendorf). *Comp. Biochem. Physio.*  
559 84, 159 -168.
- 560 R Development Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing.  
561 R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0,  
562 <<http://www.R-project.org/>>.

- 563 Rocha, S.S., Bueno, S.L.S., 2004. Crustáceos decápodes de água doce com ocorrência no  
564 Vale do Ribeira de Iguape e rios costeiros adjacentes, São Paulo, Brasil. Revista  
565 Brasileira de Zoologia 21, 1001-1010.
- 566 Rocha, D., Santos, L., Branco, F.C., Lima, J.P.V., Melo, F.; Correia, E., 2011. Postlarvae  
567 survival of freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) reared under  
568 different feeding protocols. In: Asian Pacific Aquaculture 2011, Kochi, India. The future  
569 is here. Kochi: WAS, 2011. v. CD. pp. 92.
- 570 Romano, N., Zeng, C., 2012. Osmoregulation in decapod crustaceans: implications to  
571 aquaculture productivity, methods for potential improvement and interactions with  
572 elevated ammonia exposure. Aquaculture 334-337, 12–23.
- 573 Santos, E.P., Leal, A.L.G., Silva, P.M.M., Correia, E.S., 2007. Influência de diferentes dietas  
574 na sobrevivência larval do camarão de água doce *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus,  
575 1758). Acta sci., Biol. sci. 29, 121-124.
- 576 Signoret, G.P.B., Brailovsky, D.S., 2004. Adaptive Osmotic Responses of *Macrobrachium*  
577 *Acanthurus* (Wiegmann) and *Macrobrachium Carcinus* (Linnaeus) (Decapoda,  
578 Palaemonidae) from the Southern Gulf of Mexico. Crustaceana 77, 455-465.
- 579 Silva, J.W.B., Pinheiro, F.A., Augusto, J.A.M., Gurgel, J.J.S., 1981. Análise dos resultados  
580 de pescarias experimentais do camarão pitu *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758),  
581 realizadas na bacia do Rio Curu (Ceará, Brasil), no período de julho de 1978 a junho de  
582 1980. Boletim Técnico do DNOCS 39, 89-126.
- 583 Subramanian, S., Sambasivam, S., Krishnamurthy, K., 1980. Experimental study on the  
584 salinity tolerance of *Macrobrachium idae* larvae. Marine Ecology Progress Series 3, 71–  
585 73.
- 586 Wiegmann, A.F.A., 1836. Beschreibung einiger neuen Crustaceen des Berliner Museums aus  
587 Mexico und Brasilien. Archive für Naturgeschichte 2, 145-151.

- 588 Valenti, W.C., 1985. Cultivo de Camarões de Água Doce. São Paulo: Nobel, pp. 82.
- 589 Valenti, W.C. 1993. Freshwater prawn culture in Brazil. *World Aquaculture* 24, 29-34.
- 590 Valenti, W.C., Mello, J.T.C., Lobão, V.L., 1986. Dinâmica da reprodução de *Macrobrachium*  
591 *acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio  
592 Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Ciência e Cultura* 38, 1256-  
593 1262.
- 594 Valenti, W. C., Mallasen, M., Silva, C.A., 1998. Larvicultura em sistema fechado dinâmico.  
595 In: Valenti, W.C. (Ed.), *Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de*  
596 *camarões*. Brasília: IBAMA, FAPESP, pp.115-144.
- 597 Vetorelli, M.P., 2008. Salinidade e composição iônica da água na larvicultura do camarão-da-  
598 Amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. Tese (Doutor em Aquicultura). Universidade  
599 Estadual Paulista (USP). Jaboticabal – SP, pp. 132.
- 600 Zanders, I.P., Rodríguez, J.M., 1992. Effects of temperature and salinity stress on osmotic  
601 regulation in adults and on oxygen consumption in larvae and adults of *Macrobrachium*  
602 *amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physio.* 101, 505 – 509.
- 603

604 Tabelas

605

606 **Tabela 1.** Sobrevivência (%) de larvas de pitu *Macrobrachium carcinus* (Zoea VI) submetidas a diferentes salinidades e tempos de exposição.

Tempo (h)	Salinidade										
	0‰	4‰	8‰	12‰	16‰	20‰	24‰	28‰	32‰	36‰	40‰
<i>Teste 1 – Salinidade inicial de 16‰</i>											
24	0,0 a	0,0 a	24,0±27,5 ab	85,3±8,3 cd	93,3±3,1 d	90,7±3,1 cd	81,3±12,2 cd	53,3±3,1 bc	—	—	—
48	0,0 a	0,0 a	8,7±11,7 ab	60,0±15,8 cd	70,7±13,0 d	63,3±16,2 cd	63,3±4,2 cd	28,0±7,2 bc	—	—	—
72	0,0 a	0,0 a	2,7±4,6 a	46,0±9,2 bc	54,0±14,4 c	51,3±12,1 c	57,3±2,3 c	23,3±7,0 b	—	—	—
96	0,0 a	0,0 a	0,7±1,2 a	34,7±7,6 bc	46,0±11,1 c	46,7±13,3 c	46,7±2,3 c	21,3±4,6 b	—	—	—
<i>Teste 2 – Salinidade inicial de 20‰</i>											
24	0,0 a	0,0 a	23,3±11,2 b	94,2±4,7 c	97,9±1,9 c	98,8±2,2 c	96,3±2,5 c	97,5±1,3 c	85,8±6,2 c	43,3±22,5 b	2,1±3,6 a
48	0,0 a	0,0 a	17,9±8,9 b	90,0±7,0 c	95,0±3,3 c	93,3±5,9 c	85,8±14,8 c	95,0±2,5 c	72,1±14,8 c	27,5±9,9 b	0,8±1,4 a
72	0,0 a	0,0 a	7,5±6,3 ab	75,0±9,4 cd	85,0±2,5 cd	84,6±5,6 cd	82,9±12,3 cd	89,2±4,0 d	65,8±14,2 c	20,8±7,5 b	0,0 a
96	0,0 a	0,0 a	6,7±5,1 ab	53,8±26,7 c	78,3±5,6 c	76,3±8,8 c	72,5±12,3 c	80,4±6,3 c	57,1±12,6 c	14,2±6,9 b	0,0 a
120	0,0 a	0,0 a	2,1±2,6 ab	39,2±18,8 c	61,7±9,2 cd	65,8±10,0 cd	62,9±14,6 cd	71,3±10,9 d	49,6±8,3 cd	11,7±4,7 b	0,0 a

607 \* Os valores são apresentados como médias ± desvio padrão, originados de três replicas. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os  
 608 tratamentos pelo teste de comparação de médias de Tukey.  
 609  
 610

611 **Tabela 2.** Principais parâmetros do modelo proposto para descrever a sobrevivência das larvas Zoea VI de pitu *M. carcinus* submetidas à  
612 variações de salinidade, em diferentes tempos de exposição.

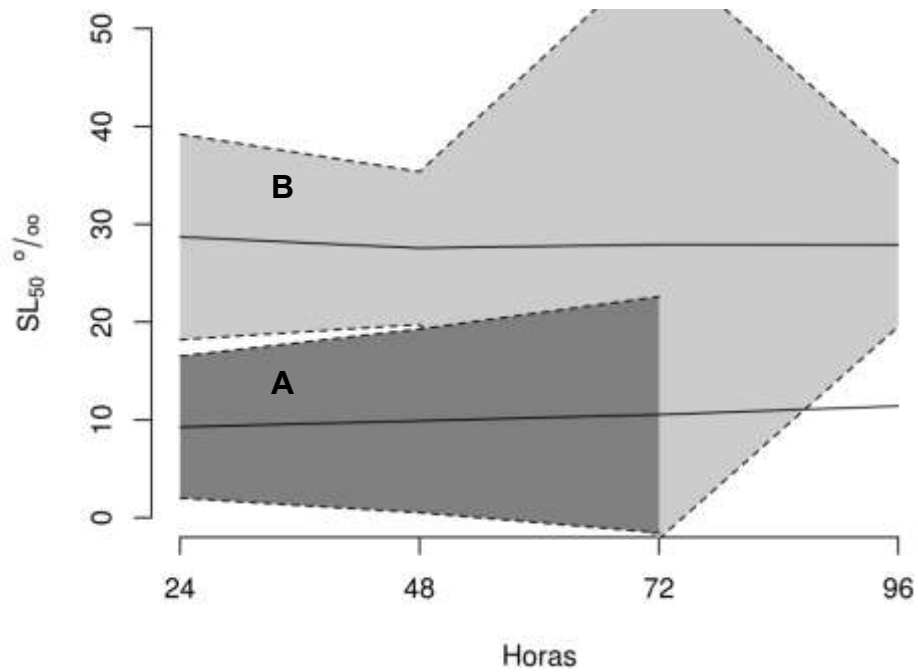
Tempo (h)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$ (‰)	$\delta$	$\varepsilon$ (‰)	$R^2$ (%)
<i>Teste 1 – Salinidade inicial de 16‰</i>						
24	0,94 (0,44)	-0,85 (1,86)	9,26 (3,70)	0,40 (1,34)	28,69 (5,36)	94,4
48	0,67 (0,32)	-1,01 (2,29)	9,90 (4,79)	0,75 (3,41)	27,55 (3,99)	91,5
72	0,54 (0,24)	-1,17 (4,32)	10,53 (6,16)	3,56 (691,84)	27,92 (15,36)	92,7
96	0,46 (0,25)	-1,82 (---)	11,41 (---)	1,54 (48,70)	27,89 (4,27)	92,8
<i>Teste 2 – Salinidade inicial de 20‰</i>						
24	0,97 (0,21)	-1,13 (3,67)	9,02 (3,72)	0,63 (1,10)	35,55 (2,84)	97,5
48	0,93 (0,22)	-1,24 (4,56)	9,15 (4,58)	0,58 (0,78)	34,37 (3,24)	97,0
72	0,86 (0,22)	-1,07 (1,91)	10,18 (3,55)	0,63 (0,88)	34,08 (3,39)	97,3
96	0,77 (0,22)	-0,82 (1,83)	10,98 (3,36)	0,67 (1,08)	33,65 (3,65)	93,3
120	0,66 (0,23)	-0,81 (3,06)	11,58 (3,26)	0,71 (1,31)	33,70 (4,29)	92,8

613 \* Valores correspondentes às estimativas dos parâmetros e, entre parênteses, respectivos erros padrões. Parâmetros de interesse:  $\alpha$  (assíntota) –  
614 máxima sobrevivência esperada;  $\gamma$  – SL<sub>50</sub> Inferior (‰) e  $\varepsilon$  – SL<sub>50</sub> Superior (‰).  $R^2$  – coeficiente de determinação. Modelo:  $\pi = \alpha / [1 + \exp^{(\beta(s-\varepsilon))}$   
615  $\gamma)] [1 + \exp^{(\delta(s-\varepsilon))}]$   
616  
617

618 Figuras

619

620



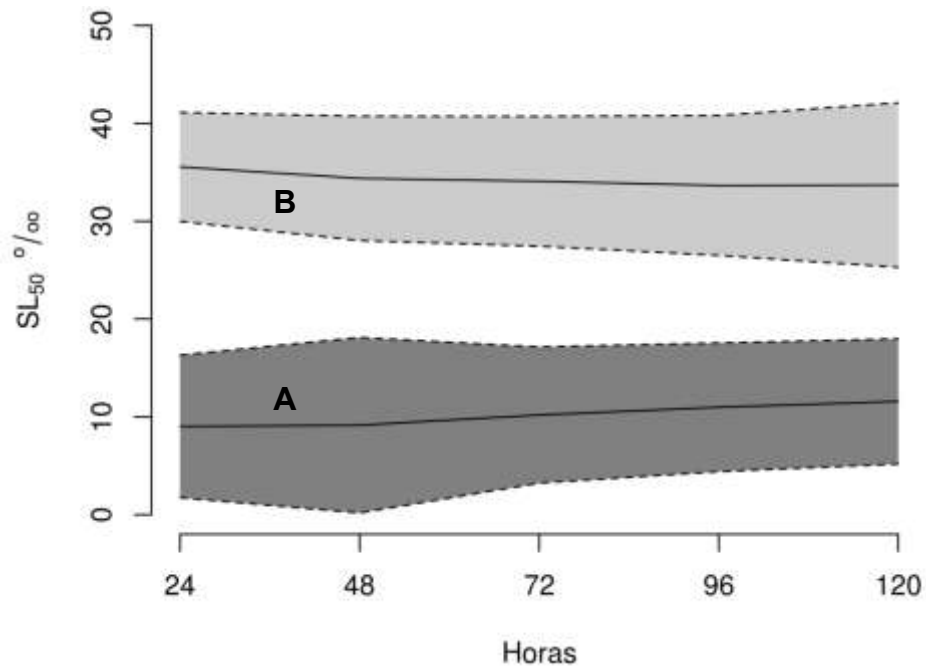
621

622 Fig. 1. Salinidade letal ( $SL_{50}$ ), valores inferiores (A) e superiores (B), para larvas de pitu

623 *Macrobrachium carcinus* (Zoea VI), criadas inicialmente em salinidade 16‰ e submetidas

624 a variações bruscas durante 96h de exposição.

625

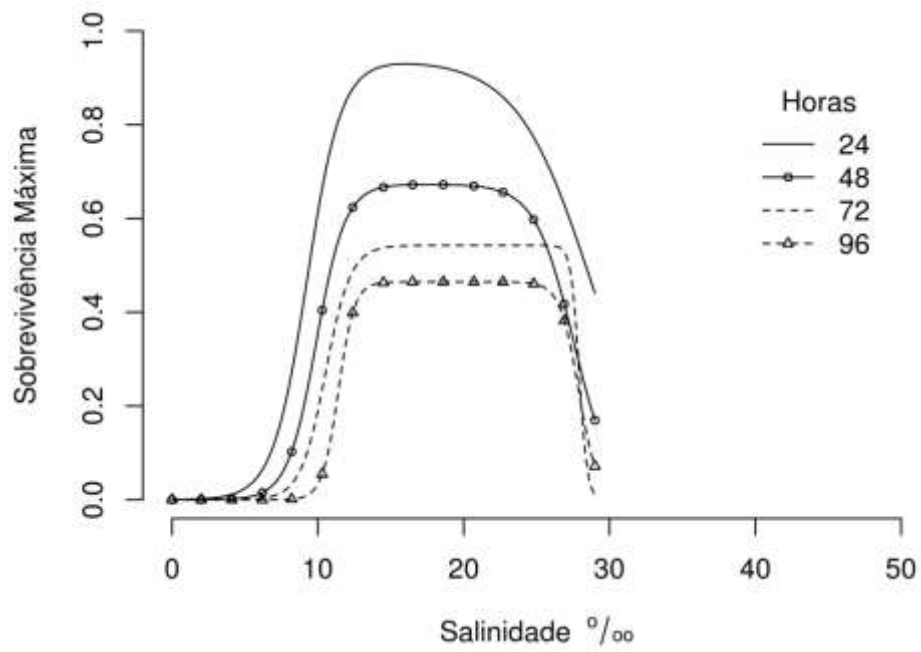


626

627 Fig. 2. Salinidade letal ( $SL_{50}$ ), valores inferiores (A) e superiores (B), para larvas (Zoea VI)628 de pitu *Macrobrachium carcinus*, criadas inicialmente em salinidade 20‰ e submetidas a

629 variações bruscas durante 120h de exposição.

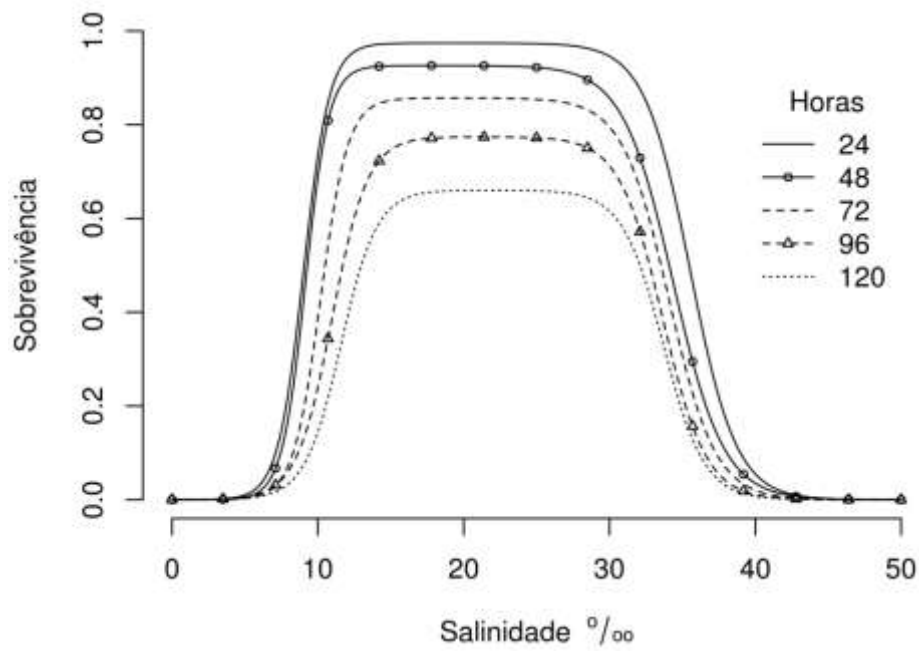
630



631

632 Fig. 3. Sobrevivência de larvas (Zoea VI) de pitu *Macrobrachium carcinus* criadas em  
633 salinidade 16‰ e submetidas a mudanças de salinidade ao longo de 96h.

634



635

636 Fig. 4. Sobrevivência de larvas (Zoea VI) de pitu *Macrobrachium carcinus* criadas em  
637 salinidade 20‰ e submetidas a mudanças de salinidade ao longo de 120h.

638

639

**ANEXO 1 – NORMAS DA REVISTA**

Site: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00448486>

ISSN: 0044-8486/ Fator de impacto: 1.678

**Normas****INTRODUCTION*****Types of paper***

Original Research Papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere. Articles are expected to contribute new information (e.g. novel methods of analysis with added new insights and impacts) to the knowledge base in the field, not just to confirm previously published work.

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

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

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

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

***Contact details for submission***

Papers for consideration should be submitted via the electronic submission system mentioned below to the appropriate Section Editor:

**Nutrition:**

D.M. Gatlin

The Nutrition Section welcomes high quality research papers presenting novel data as well as original reviews on various aspects of aquatic animal nutrition relevant to aquaculture. Manuscripts addressing the following areas of investigation are encouraged:

- 1) determination of dietary and metabolic requirements for various nutrients by representative aquatic species. Studies may include environmental/stress effects on animal's physiological responses and requirements at different developmental stages;
- 2) evaluation of novel or established feedstuffs as well as feed processing and manufacturing procedures with digestibility and growth trials. Such studies should provide comprehensive specifications of the process or evaluated ingredients including nutrients, potential anti-nutrients, and contaminants;
- 3) comparison of nutrient bioavailability from various ingredients or product forms as well as metabolic kinetics of nutrients, food borne anti-nutrients or toxins;
- 4) identification of key components in natural diets that influence attractability, palatability, metabolism, growth reproduction and/or immunity of cultured organisms;
- 5) optimization of diet formulations and feeding practices;
- 6) characterization of the actions of hormones, cytokines and/or components in intracellular signaling pathway(s) that influence nutrient and/or energy utilization.
- 7) evaluation of diet supplementation strategies to influence animal performance, metabolism, health and/or flesh quality.

Manuscripts concerning other areas of nutrition using novel or advanced methods are also welcome. Please note that in regard to various diet additives such as probiotics, prebiotics, herbal extracts, etc., a very large number of papers have already been published. Therefore, Aquaculture will not continue to accept manuscripts that present initial and preliminary investigations of such additives. Manuscripts addressing these and other feed additives will be accepted for review only if they are of the highest scientific quality and they represent a significant advance in our knowledge of the mechanisms involved in their metabolism. Manuscripts may also be considered if they present clinical efficacy data generated in large-scale trials and economic cost-benefit analysis of these applications.

**Aquaculture Production Science:**

B.Costa-Pierce

AQUACULTURE PRODUCTION SCIENCE (PS) is one of 5 sections of the international journal AQUACULTURE dedicated to research on improvements and innovations in aquatic food production.

This section supports worldwide dissemination of the results of innovative, globally important, scientific research on production methods for aquatic foods from fish, crustaceans, mollusks, amphibians, and all types of aquatic plants. Contributions are encouraged in the following areas:

1) Improvement of production systems that results in greater efficiencies of resource usage and sustainability of aquaculture; 2) Effective applications of technologies and methods of aquaculture production for improved stocking regimes; 3) The use of new species and species assemblages; and, 4) Investigations to minimize aquaculture wastes and improve water quality, including technologies for nutrient recycling in aquaculture ecosystems, and potential synergy of aquaculture and other food production systems using methods such as polyculture and integrated aquaculture. Aspects of seafood processing and technology will not be considered in this section although aquaculture techniques that may influence the nutritional value of aquatic food products may be considered in the Nutrition Section.

**Physiology and Endocrinology:**

Fish: A. P. (Tony) Farrell

Invertebrate: J. Benzie

The Physiology Section welcomes high quality papers that present both novel research data and original reviews, on all aspects of the physiology of cultured aquatic animals and plants. Their content must be relevant to solving aquaculture problems.

Submitted manuscripts must have a valid hypothesis or objective, clearly state the relevance to aquaculture, have proper experimental design with appropriate controls and utilize appropriate statistical analysis. Mention of trade names is limited to the main text.

Relevant physiological topics include, but are not limited to:

- Reproductive physiology, including: Endocrine and environmental controls development; Induced ovulation and spermiation; Gamete quality, storage and cryopreservation; control of sex differentiation; Physiology and endocrinology of gynogenetic, triploid and transgenic organisms
- Molecular genetic assessment of physiological processes
- Larval physiology and ontogeny in relation to aquaculture, including metamorphosis, smolting (salmonids) and molting (crustacea)
- Nutritional physiology including endocrine and environmental regulation of growth
- Performance under variable culture conditions, including temperature optima and tolerances; Altered water quality and environmental variables; Stress and disease physiology; Rearing density
- Immunology (physiological studies of probiotics must present statistically valid conclusions)
- Respiratory, muscle and exercise physiology of cultured organisms
- Osmoregulatory physiology and control
- Physiology of harvest and handling techniques, including: Anesthesia and transport; Product and flesh quality; Pigmentation

**Genetics:**

G. Hulata

The Genetics Section welcomes high-quality research papers presenting novel data, as well as critical reviews, on various aspects of selective breeding, genetics and genomics, so long as the content is relevant to solving aquaculture problems. Please note, however, that Aquaculture will not accept manuscripts dealing with the application of well-described techniques to yet another species, unless the application solves a biological problem important to aquaculture production. Aquaculture will not accept manuscripts dealing with gene cloning, characterizing of microsatellites, species identification using molecular markers, EST papers with small collections, or mapping papers with a small number of markers, unless the

papers also deal with solving a biological problem that is relevant to aquaculture production. Where appropriate, linkage maps should include co-dominant markers, such as microsatellite DNA and SNP markers, to enable application to other populations and facilitate comparative mapping. Aquaculture will not accept manuscripts focusing mainly on population genetics studies that are based on RAPD and AFLP markers, since the dominance and multilocus nature of the fingerprints are not suitable for making inferences about population genetic diversity and structure. There may be other journals that are more suitable for manuscripts not meeting these requirements.

#### **Sustainability and Society:**

D.C. Little

The Sustainability and Society section of the journal Aquaculture invites articles at the interface of natural and social sciences that address the broader roles of aquaculture in global food security and trade. Aims and scope of the Sustainability and Society section are the: global dissemination of interdisciplinary knowledge regarding the management of aquatic resources and resulting impacts on people. Interconnections with other sectors of food production; resource management and implications for societal impact. Going beyond a narrow techno-centric focus, towards more holistic analyses of aquaculture within well-defined contexts. Enquiry based on understanding trajectories of change amid the global challenges of climate change and food security. Mixed methods and approaches that incorporate and integrate both social and natural sciences. Relevance for the diverse range of policy makers, practitioners and other stakeholders involved. Articles that take a value chain approach, rather than being wholly production orientated, are encouraged.

#### **Disease**

B. Austin

The Disease sections welcomes critical reviews and high quality articles containing novel data on all aspects concerning diseases of farmed aquatic species. The aims of the section are: description of new and emerging diseases including characterization of the causal agent(s), development in the understanding of fish pathogens for example including new methods of growth where this has been a problem for fastidious organisms, pathogenicity and epizootiology, developments in the diagnosis of disease going beyond the use of standard well used methods, and methods of disease control, notably new developments in vaccines, immunostimulants, dietary supplements, medicinal plant products, probiotics, prebiotics and genetically-disease resistant stock. Relevance to aquaculture must be demonstrated. Articles, which adapt well known methods without further refinement of those methods, are unlikely to be accepted.

#### **Page charges**

This journal has no page charges.

#### **BEFORE YOU BEGIN**

##### ***Ethics in publishing***

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

##### ***Policy and ethics***

The work described in your article must have been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; EU Directive 2010/63/EU for animal experiments

[http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab\\_animals/legislation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm); Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals <http://www.icmje.org>. This must be stated at an appropriate point in the article.

##### ***Conflict of interest***

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: [http://elsevier6.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/286/p/7923/](http://elsevier6.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923/).

##### ***Submission declaration and verification***

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the

work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

If the manuscript to be submitted was previously rejected by Aquaculture or another journal, it is necessary to specify what substantive new work and/or revisions have been included to elevate the manuscripts quality for consideration by Aquaculture.

#### **Contributors**

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

#### **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

#### **Copyright**

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

##### *For Subscription articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

##### *For Open Access articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

#### **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for:

Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

#### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the

collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

**Funding body agreements and policies**

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

**Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

**Open Access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

**Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is \$3300, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

**Language (usage and editing services)**

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop <http://webshop.elsevier.com/languageediting/> or visit our customer support site <http://support.elsevier.com> for more information.

**Submission**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Authors should avoid responding by messages received from the system using the 'Reply' button on their e-mail message; this will send the message to the system support and not to the editorial office, and will create unnecessary load of sorting out and forwarding

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/aqua/>

### **Referees**

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of three potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

### **PREPARATION**

#### ***Use of wordprocessing software***

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns.

The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

#### ***LaTeX***

If the LaTeX file is suitable, proofs will be produced without rekeying the text. The article should preferably be written using Elsevier's document class 'elsarticle', or alternatively any of the other recognized classes and formats supported in Elsevier's electronic submissions system, for further information see <http://www.elsevier.com/wps/find/authorsview.authors/latex-ees-supported>.

The Elsevier 'elsarticle' LaTeX style file package (including detailed instructions for LaTeX preparation) can be obtained from the Quickguide: <http://www.elsevier.com/latex>. It consists of the file: elsarticle.cls, complete user documentation for the class file, bibliographic style files in various styles, and template files for a quick start. For information about reference management please go to the document at [http://cdn.elsevier.com/assets/pdf\\_file/0011/109388/elsdoc.pdf](http://cdn.elsevier.com/assets/pdf_file/0011/109388/elsdoc.pdf) and click on the section 'bibliography'.

#### ***Article structure***

##### ***Subdivision - numbered sections***

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

##### ***Introduction***

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

##### ***Material and methods***

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

##### ***Theory/calculation***

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

##### ***Results***

Results should be clear and concise.

##### ***Discussion***

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

##### ***Conclusions***

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

##### ***Appendices***

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

#### **Essential title page information**

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.

Contact details must be kept up to date by the corresponding author.

- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

#### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should be not longer than 400 words.

#### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 4-6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes

#### **Abbreviations**

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

#### **Acknowledgements**

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

#### **Nomenclature and units**

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI).

If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC:

Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature.
2. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.
3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.
4. For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed.

#### **Database linking**

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers one-click access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

DNA sequences and GenBank Accession numbers. Many Elsevier journals cite "gene accession numbers" in their running text and footnotes. Gene accession numbers refer to genes or DNA sequences about which further information can be found in the databases at the National Center for Biotechnical Information (NCBI) at the National Library of Medicine. Authors are encouraged to check accession numbers used very carefully. An error in a letter or number can result in a dead link. Note that in the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article.

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

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

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

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

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

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

### ***Math formulae***

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca<sup>2+</sup> and not Ca<sup>++</sup>. Isotope numbers should precede the symbols, e.g., <sup>18</sup>O. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g., phosphate as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

### ***Footnotes***

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

#### ***Table footnotes***

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

### ***Artwork***

#### ***Electronic artwork***

#### ***General points***

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.

- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

#### **Please do not:**

- Insert the figures and tables in between the text. Please provide each figure and table as a separate file;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

#### *Text graphics*

Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. See further under Electronic artwork.

#### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

#### **References**

##### *Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

##### *Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be

given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

#### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

#### *Reference management software*

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

#### *Reference style*

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
  2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
  3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.
- Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ....'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

#### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

#### ***Journal Abbreviations Source***

Define abbreviations that are not standard in this field at their first occurrence in the article: in the abstract but also in the main text after it. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

#### ***Video data***

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

#### ***AudioSlides***

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at

<http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

#### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

#### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print • If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes.

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

#### **AFTER ACCEPTANCE**

##### **Use of the Digital Object Identifier**

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal Physics Letters B):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

##### **Proofs**

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections

quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

#### **Offprints**

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).

#### **AUTHOR INQUIRIES**

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

## 5. 2 - Artigo científico II

**LARVICULTURA DE PITU *Macrobrachium carcinus* LINNAEUS, 1758  
(DECAPODA: PALAEMONIDAE) SOB DIFERENTES  
SISTEMAS DE CULTIVO**

**João Paulo V. Lima**, Fabiana P. Melo, Maria Gabriela P. Ferreira, Rafael Liano de Souza,  
Johnson Uei Yan Liu, Rivaldo S. Gomes Junior, Eudes S. Correia



Manuscrito a ser submetido à revista

*Aquacultural Engineering*, ISSN 0144-8609

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as  
estabelecidas pela referida revista (em anexo).

1 **Larvicultura de pitu *Macrobrachium carcinus* Linnaeus, 1758 (Decapoda:**

2 **Palaemonidae) sob diferentes sistemas de cultivo**

3

4 João Paulo V. Lima <sup>a,\*</sup>, Fabiana P. Melo <sup>b</sup>, Maria Gabriela P. Ferreira <sup>b</sup>, Rafael Liano de  
5 Souza<sup>b</sup>, Johnson Uei Yan Liu <sup>b</sup>, Rivaldo S. Gomes Junior <sup>b</sup>, Eudes S. Correia <sup>b</sup>

6

7 <sup>a</sup> Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, Av. General San Martin, 1371 Bongi, Recife,  
8 PE 50761-000, Brazil;

9 <sup>b</sup> Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola, Departamento de Pesca e Aquicultura,  
10 UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brasil;

11

12 \* Corresponding author. Tel.: +55 81 3320.6517; Fax: +55 81 3320.6502.

13 *E-mail address*: joaopaulo\_lima@hotmail.com (J.P.V. Lima); ecorreia@depaq.ufrpe.br (E.S.  
14 Correia)

15

16 **RESUMO**

17 O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de diferentes sistemas de cultivo na  
18 larvicultura do pitu *Macrobrachium carcinus* com base na sobrevivência, desenvolvimento  
19 larval e produção de pós-larvas. O cultivo experimental foi desenvolvido em três fases: *Fase*  
20 *I* (zoea VI a VIII), *Fase II* (zoea VIII a X) e *Fase III* (zoea X a PL), com densidades de 30,  
21 27,5 e 25 larvas L<sup>-1</sup>, respectivamente. As larvas de *M. carcinus* (zoea VI) foram criadas em  
22 quatro sistemas de larvicultura, dois abertos (*Água Verde*–AV e *Água Clara*–AC) e dois  
23 fechados (*Bioflocos*–BFT e *Biofiltro*–SFD), distribuídos em 12 recipientes plásticos (10 L),  
24 abastecidos com água salobra (20 ‰), e providos de aeração constante, circulação de água  
25 por *air lift* e aquecedores com termostato (~30°C). O AV foi mantido com algas clorofíceas

26 na densidade de 3 a  $5 \times 10^5$  células  $\text{mL}^{-1}$ . No AC a água foi previamente filtrada ( $\#5\mu\text{m}$ ),  
27 esterilizada (10 ppm cloro ativo) e dechlorada, sob aeração por 24 h. Para o BFT, foi utilizada  
28 uma água rica em bioflocos e melação como fonte de carbono orgânico. No SFD a água de  
29 cultivo circulou através de um filtro biológico tipo “Dry-Wet” acoplado ao sistema. A  
30 alimentação foi realizada *ad libitum* quatro vezes ao dia, alternando uma dieta úmida  
31 formulada com uma comercial, acrescida de náuplios de artêmia na proporção de 40 a 50  
32 larva<sup>-1</sup> dia. Temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram monitorados diariamente e a  
33 salinidade duas vezes por semana. Também foram analisados amônia total, nitrito, nitrato,  
34 ortofosfato, alcalinidade, sólidos suspensos totais, clorofila-*a*, DQO e DBO. Em relação à  
35 qualidade da água, os melhores resultados ( $P < 0,05$ ) foram obtidos no SFD, com 0,49, 0,23 e  
36 9,0  $\text{mg L}^{-1}$  de N-AT, N-NO<sub>2</sub> e N-NO<sub>3</sub>, respectivamente. No AV esses compostos oscilaram  
37 bastante e apresentaram níveis crescentes (2,32, 3,53 e 18,2  $\text{mg L}^{-1}$  de N-AT, N-NO<sub>2</sub> e N-  
38 NO<sub>3</sub>, respectivamente). Considerando as três fases, a sobrevivência média durante a  
39 larvicultura do *M. carcinus* ( $Z_{\text{VI a PL}}$ ) com os sistemas BFT, AC, AV e SFD foi 14,9; 28,8;  
40 35,3 e 57,1%, respectivamente. Os valores de produtividade média de pós-larvas e taxa de  
41 metamorfose obtida no BFT (8,4 PL  $\text{L}^{-1}$ ; 33,7%) foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos observados  
42 no SFD (2,8 PL  $\text{L}^{-1}$ ; 11,2%) e AV (1,3 PL  $\text{L}^{-1}$ ; 5,2%), e iguais aos obtidos no AC (5,6 PL  $\text{L}^{-1}$ ;  
43 22,5%). O desenvolvimento das larvas no BFT foi mais acelerado em relação aos demais  
44 sistemas. Ao final do experimento, as larvas criadas no SFD obtiveram menor ( $P < 0,05$ ) LSI  
45 (11,1) que os demais sistemas de cultivo AV, AC e BFT (12,4; 12,7 e 13,0, respectivamente).  
46 Desta forma, o SFD se apresentou como o mais adequado para a larvicultura do *M. carcinus*  
47 ( $Z_{\text{VI a PL}}$ ), com melhores resultados de sobrevivência e de qualidade da água.

48

49 *Palavras-chave:* camarão de água doce; biofiltro, bioflocos, água verde, água clara,  
50 sobrevivência larval.

## 51 1. Introdução

52 O gênero *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae) é encontrado em todos os  
53 continentes, exceto na Europa, e reúne as espécies de camarão de água doce mais adequadas  
54 ao cultivo (Holthuis, 1980). No Brasil, há quatro espécies de camarões de água doce de real  
55 interesse econômico: as nativas, *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758), *M. acanthurus*  
56 (Wiegmann, 1836) e *M. amazonicum* (Heller, 1862), que são bastante exploradas pela pesca  
57 artesanal e tem grande potencial para aquicultura; e a espécie exótica, *M. rosenbergii* (De  
58 Man, 1879), introduzida no País, no final dos anos 70, e única a ser cultivada comercialmente  
59 (Valenti, 1993; Cavalcanti, 1998; Valenti e Moraes-Riodades, 2004; New, 2005; Bertini e  
60 Valenti, 2010).

61 O *M. carcinus* (*Painted river prawn* - nome inglês na FAO) é conhecido no Nordeste  
62 do Brasil como “pitu” e, em outras regiões, como “lagosta de São Fidelis” ou “lagostinha do  
63 Ribeira”. Ocorre em ambientes estuarinos e, principalmente, em águas interiores, desde o Sul  
64 dos Estados Unidos (Flórida e Texas) e América Central até as Antilhas, Colômbia,  
65 Venezuela, Suriname e Brasil (do Amapá ao Rio Grande do Sul) (Holthuis, 1952, 1980;  
66 Lewis, 1961; Lewis e Ward, 1965; Choudhury, 1971a; Graziani et al., 1993; Bond-Buckup e  
67 Buckup, 1989; Bowles et al., 2000; Melo, 2003).

68 O *M. carcinus* tem sido um alvo constante da exploração comercial da pesca artesanal  
69 em diversos países (Ling e Costello, 1979; Holthuis, 1980; Silva et al., 1981; Rabanal, 1982;  
70 Chauvin, 1992; Graziani et al., 1993; Bowles et al., 2000; Montenegro et al., 2001).

71 Entretanto, as capturas vêm reduzindo significativamente devido, principalmente, à poluição  
72 e destruição dos ecossistemas naturais e à sobrepesca (Valenti, 1993; Herman et al., 1999;  
73 Bowles et al., 2000). O *M. carcinus* está atualmente listado como uma espécie vulnerável ou  
74 ameaçada de extinção em alguns países (Bowles et al., 2000), inclusive no Brasil (Melo e

75 Coelho, 2008; Bertini e Valenti, 2010), onde a captura em águas naturais é considerada ilegal  
76 desde 2004, exceto para fins científicos mediante autorização especial (IBAMA, 2004).

77 Segundo Mago-Leccia (1995), o camarão *M. carcinus* apresenta algumas vantagens  
78 para o cultivo como rusticidade, tolerância à variação de fatores ambientais e ao manejo,  
79 além de uma dieta onívora dos adultos. Contudo, embora possua grande potencial, o cultivo  
80 do pitu ainda requer o desenvolvimento de estratégias eficazes para sua aplicação em escala  
81 comercial (Coelho et al., 1978, 1981; Correia e Cordeiro, 1981; Cavalcanti, 1998) e, assim  
82 como em outros palemonídeos, a larvicultura é o ponto de estrangulamento da produção, pois  
83 depende de um rígido controle da qualidade da água, de uma alimentação adequada e um  
84 manejo altamente especializado (Lobão et al., 1998).

85 A larvicultura é o processo de produção de pós-larvas em laboratório, que pode ser  
86 realizado em sistemas aberto ou fechado (Lobão, 1997). No sistema tradicional aberto, a  
87 água, renovada diariamente (50 a 70% do volume do tanque), é eliminada e substituída por  
88 água nova e limpa, mantendo as condições do meio adequadas à criação das larvas (Ling e  
89 Merican, 1961; Valenti, 1996; Correia e Castro, 1998). Já no sistema fechado ou de  
90 recirculação, que utiliza técnicas mais modernas, há um reaproveitamento total ou parcial da  
91 água de cultivo das larvas, através da sua filtração (mecânica e biológica) e tratamento  
92 químico (Sandifer e Smith, 1978; Aquacop, 1983; Daniels et al., 1992; Carvalho Filho e  
93 Mathias, 1998; Valenti et al., 1998), podendo manter biomassas altas em um volume  
94 relativamente limitado (Lobão, 1997; Lobão et al., 1998).

95 O sistema de água clara aberto requer uma maior disponibilidade de água, já que  
96 trocas periódicas são realizadas para evitar níveis críticos de amônia e nitrito (Ling e  
97 Merican, 1961; Aquacop, 1982; Suharto et al. 1982; Correia et al., 1988). Neste sistema, a  
98 água necessária para a produção de um milhão de pós-larvas oscila entre 200 e 250 m<sup>3</sup>, ao  
99 passo que, no sistema fechado, não vai além de 6 a 8 m<sup>3</sup> (Ra'anani e Cohen, 1983). Ong

100 (1983), comparando a larvicultura de *M. rosenbergii* em sistema aberto e fechado, obteve  
101 produções médias de 34,7 e 29,8 pós-larvas L<sup>-1</sup>, respectivamente, com redução de 20 a 30%  
102 na mão-de-obra do sistema fechado. Castro et al. (1988), utilizando sistema fechado e a  
103 mesma espécie, verificaram redução de 90% no consumo de água em relação ao sistema  
104 aberto, com uma produtividade média de 30 pós-larvas L<sup>-1</sup>.

105 A troca de água pode ser minimizada através do cultivo em água verde, que consiste  
106 na inoculação de algas clorofíceas, principalmente *Chlorella* spp., nos tanques de cultivo, que  
107 podem atuar absorvendo os compostos nitrogenados e propiciar uma alimentação para os  
108 náuplios de artêmia, resultando num melhor desenvolvimento das larvas cultivadas  
109 (Fujimura, 1966; Cordeiro e Silva, 1981; Cavalcanti et al., 1986). No sistema de água verde o  
110 fitoplâncton é cultivado separadamente, em tanques apropriados e com adição de fertilizantes  
111 químicos, numa densidade de 10<sup>5</sup> a 10<sup>6</sup> células mL<sup>-1</sup>, com algas coletadas no ambiente natural  
112 ou de cultivos monoespecíficos (Fujimura, 1966; Manzi et al., 1977; Lee, 1982; Cavalcanti et  
113 al., 1986; Silva, 1995).

114 O uso da filtração biológica vem sendo adaptado a partir da larvicultura intensiva em  
115 sistema aberto de água clara (Aquacop, 1983). Nos sistemas que utilizam filtros mecânicos e  
116 biológicos, a água que circula no tanque de cultivo atravessa um substrato colonizado por  
117 bactérias aeróbicas e anaeróbicas, ocasionando a remoção dos resíduos sólidos e metabólitos  
118 indesejáveis (Hirayama, 1972, 1974; Valenti et al., 2010). A eficiência destes sistemas está  
119 diretamente relacionada à taxa de recirculação da água, que é da ordem de 2 a 5 vezes o  
120 volume total do tanque de cultivo por dia, podendo atingir até 24 vezes dia<sup>-1</sup> (Sandifer e  
121 Smith, 1975, 1978; Menasveta, 1982; Singholka e Sukapunt 1982; Aquacop, 1983; Ong,  
122 1983; Castro et al., 1988; Cohen e Ra'anán, 1989; Griessinger et al., 1989; Choudhury et al.,  
123 1993; Valenti et al., 1998), e também ao tamanho dos biofiltros utilizados, que varia de 4 a

124 20% do volume dos tanques (Griessinger et al., 1989; Daniels et al., 1992; Valenti et al.,  
125 2010).

126 Diferentes sistemas de larvicultura com recirculação e filtração biológica são  
127 utilizados atualmente, como o sistema de fluxo contínuo (Correia et al., 2000), o sistema  
128 fechado estático (Carvalho Filho e Mathias, 1998) e o sistema fechado dinâmico (Valenti et  
129 al., 1998; Valenti e Daniels, 2000). Entretanto, o mais difundido é o sistema de água clara  
130 com recirculação (New, 2002; New e Kutty, 2010). Todos estes sistemas estão baseados no  
131 processo de nitrificação da amônia, que resulta de uma ação sequencial das bactérias  
132 nitrificantes, onde a principal função do filtro biológico é a oxidação da amônia ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )  
133 para nitrito ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ), pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus* e,  
134 posteriormente a nitrato ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ), através das bactérias do gênero *Nitrobacter*, *Nitrospira* e  
135 *Nitrococcus* (Spotte, 1979; Kaiser e Wheaton, 1983; Brock et al, 1994; Lobão et al., 1998).

136 Nos últimos anos tem se discutido e difundido bastante o cultivo de camarões  
137 marinhos em meio heterotrófico ou sistema de bioflocos (BFT – *Biofloc Technology*),  
138 visando à ciclagem de compostos nitrogenados e a utilização da proteína microbiana na  
139 nutrição dos camarões (Avnimelech, 1999, 2009; Schryver et al., 2008; Furtado et al., 2011;  
140 Krummenauer et al., 2011, 2012). Estes sistemas têm em comum a predominância de  
141 bactérias aeróbicas heterotróficas que colonizam partículas de resíduos orgânicos e absorvem  
142 o nitrogênio, fósforo e outros nutrientes da água (Ebeling et al., 2006; Avnimelech, 2009)  
143 através da adição de fontes de carboidratos e do balanço da relação C:N (Avnimelech, 1999,  
144 2006; Ebeling et al., 2006; Schneider et al., 2006; Michaud et al., 2006; Samocha et al., 2007;  
145 Asaduzzaman et al., 2008; Azim et al., 2008; Crab et al., 2009, 2012).

146 Sistemas BFT reduzem a utilização de água e a emissão de efluentes, minimizando o  
147 impacto ambiental, controlam os níveis dos compostos nitrogenados inorgânicos através da  
148 síntese de proteína microbiana e aumentam a conversão alimentar dos camarões (Wasielesky

149 et al., 2006; Azim et al., 2008; Schryver et al., 2008; Avnimelech, 2009; Ray et al., 2009).  
150 Além disso, incrementam a biossegurança e a produção, complementando a dieta dos  
151 animais cultivados através da produtividade natural do ambiente (McIntosh et al., 2000;  
152 Burford et al., 2003, 2004; Erler et al., 2005; Wasielesky et al., 2006; Crab et al., 2009; Khun  
153 et al., 2009; Ballester et al., 2010). Por ser um sistema de cultivo relativamente novo, pouco  
154 se sabe sobre a eficácia e aplicabilidade do sistema BFT na larvicultura de camarões de água  
155 doce. Entretanto, se apresenta como uma alternativa para produção de pós-larvas em sistemas  
156 sem renovação de água.

157         Desta forma, tratando-se de uma espécie em extinção (*M. carcinus* – pitu) no Brasil e  
158 em outras partes do mundo, o desenvolvimento de tecnologias de cultivo que viabilizem a  
159 produção de pós-larvas em laboratório poderá contribuir para preservação da espécie,  
160 disponibilizando formas jovens para fins de cultivo comercial, para futuras pesquisas durante  
161 a fase de engorda e, principalmente, para o repovoamento dos ambientes naturais. Portanto, o  
162 objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de diferentes sistemas de cultivo durante a  
163 larvicultura do *M. carcinus* com base na sobrevivência, desenvolvimento larval e produção de  
164 pós-larvas.

165

## 166 **2. Material e métodos**

### 167 *2.1. Coleta e manutenção das fêmeas ovígeras*

168         Fêmeas ovígeras de *M. carcinus* (pitu) foram capturadas (Licença nº 35782-2  
169 MMA/ICMBio/SISBIO) no Rio Una, no município de Barreiros – PE (08°47'14,8"S e  
170 035°12'35,4"W) com a utilização de “covos” iscados com pedaços de coco. Os animais  
171 coletados foram acondicionados em sacos plásticos (com oxigênio sob pressão) e  
172 transportados até as instalações da Larvicultura de Camarão de Água Doce na Estação de

173 Aquicultura Continental Professor Johei Koike da Universidade Federal Rural de  
174 Pernambuco (UFRPE), Recife – PE, onde foi conduzido o estudo.

175 No laboratório, as fêmeas ovígeras foram aclimatadas e, após desinfecção em solução  
176 de hipoclorito de sódio (50 ppm cloro ativo – 30 segundos), mantidas em água doce (0‰),  
177 em caixas de 50 L (1 a 2 fêmeas/caixa), até a eclosão das larvas. Neste período a alimentação  
178 constou de ração específica para reprodutores de camarão marinho, com 54% P.B. (BREED-  
179 Shrimp<sup>®</sup>, INVE Aquaculture Inc., Salt Lake City, UT, USA), fornecida *ad libitum*, duas  
180 vezes ao dia. Os restos de alimento e fezes foram sifonados uma vez ao dia e realizada troca  
181 de água a cada dois dias (1/3 do volume total do tanque). Diariamente, as caixas foram  
182 checadas para verificar o bem estar das fêmeas e a ocorrência da eclosão das larvas.

183

## 184 2.2. Cultivo e manejo das larvas

185 O manejo das larvas de *M. carcinus* (da eclosão até o VI estágio zoea) seguiu  
186 conforme os métodos descritos por Choudhury (1971a, b), Dugan et al. (1975), Coelho et al.  
187 (1981, 1982), Santos et al. (2007), Correia et al. (2011a, b) e Rocha et al. (2011). As larvas  
188 recém-eclodidas em água doce, foram quantificadas por análise volumétrica e aclimatadas a  
189 salinidade 20‰ (4‰ a cada 12h). O pré-cultivo foi realizado durante 20 dias, em tanques  
190 circulares de fibra de vidro com capacidade para 250L (400 a 500 larvas L<sup>-1</sup>), até as larvas  
191 atingirem o VI estágio zoea ( $Z_{VI}$ ), quando foram transferidas para o cultivo nas unidades  
192 experimentais.

193

## 194 2.3. Delineamento e condições experimentais

195 O cultivo experimental foi desenvolvido em três fases designadas *Fase I* (zoea VI a  
196 VIII), *Fase II* (zoea VIII a X) e *Fase III* (zoea X a PL) com densidades de estocagem de 30,  
197 27,5 e 25 larvas L<sup>-1</sup>, respectivamente. Ao final das *Fases I e II* foi observada a sobrevivência

198 larval em cada unidade experimental e, em seguida, realizada uma nova estocagem com  
199 larvas oriundas da mesma eclosão, que foram cultivadas paralelamente ao experimento.

200 Após o pré-cultivo, as larvas  $Z_{VI}$  foram distribuídas aleatoriamente em quatro sistemas  
201 de larvicultura (tratamentos), sendo dois abertos (*Água Verde* – AV e *Água Clara* – AC) e  
202 dois fechados (*Bioflocos* – BFT e *Biofiltro* – SFD), adotando-se um delineamento inteiramente  
203 casualizado, com três repetições cada. As unidades experimentais consistiram em 12  
204 recipientes plásticos cilíndrico-cônicos com capacidade para 10 L, abastecidos com água  
205 salobra (20‰) e providos de circulação de água por “air-lift” (tubo PVC Ø 20 mm com tela  
206 #500µm) e aeração constante, através de mangueiras de silicone (Ø 4 mm) e pedras porosas  
207 de ar (Ø 1”), supridos por compressor radial 2 CV (CR-5, Ibram Ltda, SP, Brasil). Cada  
208 sistema de cultivo foi composto por 03 unidades experimentais interligadas a 01 caixa  
209 reservatório de 40 L, equipada com 01 bomba de aquário (JAD<sup>®</sup> Submersible Pump, modelo  
210 SP-1000), para circulação da água ( $Q_{max}$  300 L h<sup>-1</sup>), e 01 aquecedor com termostato (JEBO<sup>®</sup>  
211 AquaHeater – 200W) para manter a temperatura da água em 30±1°C (Figura 1). Foi mantido  
212 o fotoperíodo natural (13 h claro, 11 h escuro). Nos sistemas abertos foram realizadas trocas  
213 de água a cada dois dias (20-25% do volume dia<sup>-1</sup>) e nos sistemas fechados apenas a  
214 reposição das perdas por evaporação e ajustes de salinidade.

215

#### 216 2.4. Sistemas de larvicultura

217 O sistema de *Água Verde* (AV) foi mantido com algas clorofíceas (*Chlorella vulgaris*  
218 e/ou *Nannochloropsis oculata*) na densidade de 3 a 5x10<sup>5</sup> células mL<sup>-1</sup>, com a função  
219 absorverem os compostos nitrogenados do sistema. A cada dois dias, foi realizada uma  
220 renovação parcial de água no sistema (20 a 25% do volume), utilizando-se uma água rica em  
221 microalgas. A produção de microalgas foi efetuada conforme método desenvolvido por  
222 Fujimura (1966), utilizando-se dois tanques externos de 500 L, fertilizados quimicamente

223 com fosfato de monoamônio – MAP (10% N e 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e uréia (45% N), nas proporções  
224 de 3 mg N L<sup>-1</sup> e 0.60 mg P L<sup>-1</sup>.

225 No sistema de Água Clara (AC), foi utilizada somente a água preparada a partir da  
226 mistura de água do mar com água doce, previamente filtradas (#5µm), esterilizadas com  
227 hipoclorito de sódio (10 ppm de cloro ativo) e decloradas com vitamina C (1 mg L<sup>-1</sup>) sob  
228 aeração por 24 horas.

229 No sistema de Bioflocos (BFT) não ocorreu troca de água, apenas reposição com água  
230 doce para suprir as perdas por evaporação. O bioflocos foi previamente produzido, utilizando-  
231 se dois tanques circulares de 800 L, preenchidos com água salobra (20‰) e estocados com  
232 camarões da espécie *Litopenaeus vannamei* (~1 g) na densidade de 1.500 juvenis m<sup>-3</sup>, e  
233 alimentados duas vezes ao dia com ração comercial 40% P.B. (10% da biomassa). Para  
234 controle dos teores de amônia no sistema BFT foi adotada a relação C:N de 6:1, ou seja, para  
235 imobilizar 1g de N-amoniaco eram necessários 6g de C orgânico (Avnimelech, 1999;  
236 Ebeling et al., 2006), utilizando-se o melão como fonte de carbono (~30%C). A água rica  
237 em bioflocos foi transferida para o tanque reservatório do BFT e inoculada gradativamente as  
238 unidades experimentais (~50% do volume do sistema).

239 Para o Sistema Fechado Dinâmico (SFD) não foram realizadas trocas de água, apenas  
240 a reposição das perdas por evaporação. A água de cultivo circulou durante todo o ciclo de  
241 produção através de um biofiltro tipo “Dry-Wet” (Lobão et al., 1998) acoplado a caixa  
242 reservatório do sistema, propiciando um processo contínuo de assimilação dos compostos  
243 nitrogenados (Valenti et al., 1998). Na montagem do filtro biológico foi utilizado um  
244 recipiente plástico com capacidade para 24 L (~30% do volume do sistema), com 38 cm de  
245 diâmetro na abertura superior, 20 cm de diâmetro na base e 42 cm de altura. A parte interna  
246 foi dividida em quatro compartimentos, separados por bases plásticas perfuradas e com uma  
247 passagem central para um tubo de PVC Ø 32 mm e uma mangueira de silicone (Ø 4 mm)

248 com pedra porosa para aeração. O primeiro compartimento (de cima para baixo), com altura  
249 livre de 10 cm, foi preenchido com espuma grossa e servia para realizar uma pré-filtragem  
250 mecânica da água. O segundo e o terceiro compartimentos, ambos com 10 cm de altura,  
251 foram compostos por pequenas estruturas plásticas tipo “bio-balls” e cascalho (conchas e  
252 corais particulados) como substrato, respectivamente. O cascalho (partículas ~5 mm) foi  
253 acondicionado em sacos de náilon (#250 µm) arranjados sobre uma tela tipo “perlon” que  
254 revestia a base perfurada do terceiro compartimento. O quarto compartimento, com 12 cm de  
255 altura, não recebeu nenhuma estrutura, apenas servia para armazenar a água filtrada que era  
256 transportada de volta a caixa reservatório do SFD através de um tubo de PVC de Ø 20 mm  
257 com “air-lift” (Figura 2). A maturação do filtro biológico ocorreu em água salobra (20‰), 30  
258 dias antes do experimento, com aplicações periódicas de cloreto de amônia (NH<sub>4</sub>Cl),  
259 mantendo-se temperatura em 30±1°C e aeração constante conforme Daniels et al. (1992).

260

### 261 2.5. Alimentação das larvas

262 A alimentação das larvas de *M. carcinus* foi realizada *ad libitum* quatro vezes ao dia,  
263 utilizando uma dieta úmida formulada (*COMP* – creme de ovo, molusco e peixe), fornecida  
264 às 08:00 e 14:00 h, e uma dieta comercial (*PL +300 Ultra - FRiPPAK PL FEEDS*<sup>®</sup>, INVE  
265 Aquaculture Inc., Salt Lake City, UT, USA), às 11:00 e 16:00 h, acrescidas com artêmia  
266 recém-eclodida na proporção de 1-2 náuplios mL<sup>-1</sup> (40-50 náuplios larva<sup>-1</sup> dia) às 9:00 e  
267 17:00 h, nos primeiros 15 dias, e apenas às 17:00 horas do 16º dia em diante. A proporção  
268 dos ingredientes e composição centesimal das dietas utilizadas está apresentada na Tabela 1.

269

### 270 2.6. Parâmetros de qualidade da água

271 A temperatura, o oxigênio dissolvido e o pH da água foram monitorados diariamente,  
272 utilizando oxímetro digital (YSI 550-A, Yellow Springs, OH, USA) e peagâmetro (YSI pH-

273 100, Yellow Springs OH, USA). A salinidade foi analisada duas vezes por semana, através de  
274 equipamento multiparâmetro (YSI 556 MPS, YSI Incorporation, OH, USA). Amostras de  
275 água (100 mL) foram coletadas nas unidades experimentais a cada 5 dias, para determinação  
276 dos níveis de amônia total ( $\text{N-NH}_{3,4}$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), e a cada 10 dias, para determinação  
277 dos níveis de nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ), alcalinidade total ( $\text{CaCO}_3$ ) e sólidos  
278 suspensos totais (SST). A cada duas semanas, também foram coletadas amostras (500 mL)  
279 para determinação dos valores de clorofila-*a*, demanda química de oxigênio (DQO) e  
280 demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os compostos nitrogenados foram analisados com  
281 base nos métodos Hach 8038 (método Nessler), 8507 (método de diazotização) e 8039  
282 (redução de cádmio) para  $\text{NH}_{3,4}\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  e  $\text{NO}_3\text{-N}$ , respectivamente. O ortofosfato foi  
283 mensurado pelo método PhosVer<sup>®</sup> 3 8048 (ácido ascórbico). As amostras de água foram  
284 previamente filtradas em filtro analítico de # 0,45  $\mu\text{m}$  e analisadas com espectrofotômetro  
285 digital Hach DR 2800 (Hach Company, Colorado, USA). A alcalinidade foi determinada por  
286 titulação volumétrica (APHA, 1995). As análises de clorofila-*a*, SST, DQO e DBO seguiram  
287 conforme os métodos descritos pela APHA (1995).

288

### 289 *2.7. Avaliação do cultivo e desenvolvimento larval*

290 A sobrevivência das larvas foi avaliada ao final de cada fase e ao término do  
291 experimento. Para avaliação dos sistemas de cultivo também foram considerados outros  
292 parâmetros como tempo de surgimento da 1<sup>a</sup> pós-larva, comprimento total das pós-larvas,  
293 peso médio das larvas e pós-larvas, biomassa final, produção de larvas e pós-larvas por litro,  
294 taxa de metamorfose e percentual de larvas sem metamorfose.

295 O desenvolvimento das larvas foi estimado através da identificação dos estágios  
296 larvais, conforme Lewis e Ward (1965), Choudhury (1971a) e Coelho et al. (1982), com o  
297 auxílio de microscópio estereoscópio. A cada quatro dias 10 larvas de cada unidade

298 experimental foram coletadas, para a identificação dos estágios. Com base nestes resultados  
299 foi calculado o Índice de Desenvolvimento Larval (*LSI – Larval Stage Index*), conforme  
300 equação adaptada de Manzi et al. (1977) e Mallasen e Valenti (2006):

301

$$302 \quad LSI = (Si \times ni) / N$$

303

304 onde, *Si*= estágio larval (*i* = 1-12; representando cada estágio larval); *ni*= número de larvas no  
305 estágio *Si*; *N*= número total de larvas examinadas.

306 O experimento foi conduzido até 10 dias após o aparecimento da primeira pós-larva.

307

## 308 2.8. Análise estatística

309 Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de Cochran foram  
310 efetuados para verificar a normalidade e homogeneidade das variâncias dos dados amostrais.

311 Os parâmetros de avaliação do cultivo e qualidade da água nos diferentes sistemas de

312 larvicultura foram submetidos à Análise de Variância – ANOVA (*F*-test), complementada

313 pelo teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de significância  $P < 0,05$ . Nos dados

314 de DQO, para separação das médias, foi utilizado o teste de Duncan ao nível de probabilidade

315 de 5%. Para temperatura, pH e salinidade foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-

316 Wallis ( $\alpha = 0,05$ ). Os dados de sobrevivência, taxa de metamorfose e porcentagem de larvas

317 sem metamorfose foram previamente transformados pela função  $\arcsen x^{0,5}$  (Zar, 1996). Para

318 as análises foi utilizado o software de estatística *SysEAPRO* versão 1.0.

319

## 320 3. Resultados e discussão

### 321 3.4. Qualidade da água

322 Os valores médios dos principais parâmetros de qualidade da água nos sistemas com  
323 *Água Verde* (AV), *Água Clara* (AC), *Biofloco* (BFT) e *Biofiltro* (SFD), estão apresentados na  
324 Tabela 2. Temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade permaneceram dentro dos  
325 padrões requeridos pelas larvas de *M. carcinus* e não diferiram significativamente ( $P \geq 0,05$ )  
326 entre os sistemas de cultivo.

327 A temperatura média da água durante o período experimental foi 30,3°C, com mínima e  
328 máxima de 28,6 e 32°C, respectivamente (Tabela 2). A temperatura ótima para a maioria das  
329 espécies de *Macrobrachium* varia entre 20 e 30 °C (Dobkin, 1971; Ngoc-Ho, 1976;  
330 Subramanian et al., 1980). Entretanto, Coelho et al. (1981, 1982) sugerem que, para o  
331 desenvolvimento rápido das larvas, a temperatura deve ser mantida entre 26 e 30°C. O  
332 oxigênio dissolvido (OD) variou entre 4,00 e 6,25 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, valores mínimo e máximo,  
333 respectivamente, com média entre os tratamentos acima de 4,70 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Os níveis  
334 mínimos de OD requeridos por adultos de *M. carcinus* no ambiente natural estão entre 2,5 e  
335 3,0 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> (Coelho et al., 1982; Holtschmit, 1990). Por outro lado, as larvas de pitu  
336 necessitam de água com boa qualidade para o desenvolvimento, o que pode não ocorrer em  
337 níveis de OD abaixo de 50% da saturação (Melo e Coelho, 2008). Segundo Coelho et al.  
338 (1982) e Lobão (1997), durante a larvicultura de macrobráquios, devem ser mantidos níveis  
339 de OD acima de 5,0 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> ou valores próximos da saturação. No estudo, considerando as  
340 condições de pressão, temperatura e salinidade, foram obtidos teores médios de oxigênio com  
341 aproximadamente 70% de saturação.

342 No ambiente natural, a faixa adequada do pH da água para o *M. carcinus* está entre 7,5  
343 e 8,7 (Mago-Leccia, 1995). A média de pH entre os sistemas de cultivo foi 7,86, variando de  
344 6,30 (AV) a 8,19 (BFT), mínimo e máximo, respectivamente (Tabela 2). O pH da água é  
345 diretamente influenciado pelos processos de nitrificação, quando há uma tendência de  
346 diminuição devido a perda da alcalinidade na oxidação da amônia a nitrito e, pela taxa

347 respiratória dos organismos cultivados. A alcalinidade foi significativamente menor ( $P < 0,05$ )  
348 no sistema de cultivo AV ( $55,7 \pm 22,8 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ) e significativamente maior ( $P < 0,05$ )  
349 no sistema BFT ( $167,5 \pm 57,7 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ) em relação ao AC e SFD. Essa tendência pode  
350 ser considerada natural devido ao intenso processo de respiração dos organismos aquáticos.  
351 De acordo com Wickins (1976), a alcalinidade deve ser mantida em níveis mínimos de 20 a  
352  $30 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  nos sistemas fechados através da adição de carbonato ou bicarbonato de  
353 sódio. As concentrações de clorofila-*a* foram maiores ( $P < 0,05$ ) nos sistemas de cultivo AV  
354 ( $58,6 \pm 31,9 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ ) e BFT e ( $15,1 \pm 12,4 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ ), seguindo conforme a natureza dos  
355 tratamentos.

356 Durante o período experimental a salinidade média entre os tratamentos foi 20,6‰,  
357 com valores mínimo e máximo, oscilando entre 19,4 e 23,9‰, respectivamente (Tabela 2).  
358 Segundo Herman et al. (1999), resultados satisfatórios podem ser obtidos com salinidade  
359 variando de 12 a 21‰. Entretanto, a faixa mais adequada para o cultivo larval do *M. carcinus*  
360 está entre 20 e 24‰ (Coelho et al., 1981, 1982; Valenti, 1985).

361 Segundo Valenti et al. (2010) as principais variáveis de qualidade da água na  
362 larvicultura de camarões são amônia, nitrito e nitrato. As concentrações médias dos  
363 compostos nitrogenados (N-AT, N-NO<sub>2</sub> e N-NO<sub>3</sub>) foram significativamente diferentes  
364 ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo (Tabela 2). Os níveis de N-AT mais altos ( $P < 0,05$ )  
365 foram observados nos tratamentos AV-*Água Verde* e BFT-*Biofloco*, com média de 2,32 e  
366  $1,90 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente. O sistema AC obteve níveis de N-AT similares ( $P \geq 0,05$ ) aos  
367 observados no SFD, com médias abaixo de  $1 \text{ mg L}^{-1}$  ( $0,60$  e  $0,49 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente).  
368 Os valores máximos  $1,85$  e  $1,40 \text{ mg L}^{-1}$  N-AT observados no AC e SFD, respectivamente,  
369 estiveram dentro da faixa considerada satisfatória por Armstrong et al. (1976) para larvas de  
370 *M. rosenbergii* ( $1,0$  a  $3,2 \text{ mg NH}_3 \text{ L}^{-1}$ ).

371 A variação média da amônia e nitrito, ao longo do período experimental, está  
372 representada na Figura 3. Inicialmente, os sistemas de cultivo apresentaram valores de N-AT  
373 bastante aproximados. No entanto, a partir do 10º dia de cultivo, ocorreram picos de amônia  
374 nos tratamentos AV–Água Verde e BFT–Bioflocos, com concentrações significativamente  
375 mais altas ( $P < 0,05$ ) que as observadas no AC–Água Clara e SFD–Biofiltro (Figura 3A). No  
376 AV, as concentrações mais altas (3,78 e 5,30 mg L<sup>-1</sup> N-AT) foram registradas no 10º e 25º  
377 dia de cultivo (final da *Fase I* e início da *Fase III*, respectivamente). No BFT, estes picos de  
378 N-AT ocorreram no 10º, 20º e 35º dia de cultivo (final da *Fase I*, meio da *Fase II* e final da  
379 *Fase III*) com concentrações 2,5, 3,12 e 3,87 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Entretanto, estes  
380 valores foram inferiores a 8,0 mg N-AT L<sup>-1</sup> que, segundo Mallasen e Valenti (2005), são os  
381 níveis máximos toleráveis para larvas de *M. rosenbergii*.

382 Os valores médios de nitrito no BFT (0,25 mg N-NO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) e SFD (0,23 mg N-NO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>)  
383 foram significativamente inferiores ( $P < 0,05$ ) aos observados no AC e AV (2,41 e 3,53 mg N-  
384 NO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, respectivamente). As concentrações de N-NO<sub>2</sub> apresentaram o mesmo  
385 comportamento ao longo da *Fase I* e não diferiram significativamente ( $P \geq 0,05$ ) entre os  
386 sistemas de cultivo. Porém, nas *Fases II* e *III* os sistemas de cultivo de AV–Água Verde e  
387 AC–Água Clara apresentaram um padrão crescente ( $P < 0,05$ ), com concentrações acima de 2  
388 mg N-NO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> (Figura 3B). Armstrong et al. (1976), analisando a toxidez do nitrito durante o  
389 desenvolvimento larval do *M. rosenbergii*, observou que o valor de LC<sub>50</sub> em 192 horas de  
390 exposição foi de 4,5 mg NO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, e nenhuma mortalidade foi registrada para concentrações de  
391 9,7 e 1,4 mg NO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> em 24 e 168 horas de exposição, respectivamente.

392 O nitrato é um composto estável que pode se acumular progressivamente em sistemas  
393 fechados de recirculação (Valenti et al., 2010). Porém, ao longo do período experimental, as  
394 concentrações de nitrato foram significativamente maiores ( $P < 0,05$ ) no sistema de cultivo  
395 AV (18,2±12,9 mg L<sup>-1</sup>) quando comparado aos demais sistemas AC, BFT e SFD (9,5±4,7,

396 10,8±3,0 e 9,0±1,5 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente). As concentrações máximas de N-NO<sub>3</sub>  
397 recomendadas para larvicultura de *M. rosenbergii* variam entre 20 e 60 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> (Cohen  
398 e Ra'anan, 1989, New, 1990, Correia et al., 2000). Segundo Mallasen et al. (2003) o nitrato  
399 não tem efeito sobre as larvas de *M. rosenbergii* em níveis até 180 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> e  
400 concentrações mais elevadas, como 600 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub>, são toleradas devido a baixa toxicidade  
401 deste composto.

402 As concentrações de ortofosfato (11,3±3,5 mg PO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>), demanda bioquímica de  
403 oxigênio (18,4±3,3 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>), demanda química de oxigênio (455,2 ± 5,7 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) e  
404 sólidos suspensos totais (341,7±175,2 mg L<sup>-1</sup>) foram significativamente maiores ( $P<0,05$ ) no  
405 sistema BFT quando comparado aos demais sistemas de cultivo (Tabela 2). Estes valores  
406 mais altos foram devidos, principalmente, ao maior aporte de matéria orgânica que é uma  
407 característica inerente ao BFT.

408 Em termos de qualidade de água, o SFD–*Biofiltro* apresentou os melhores resultados,  
409 sendo considerado o mais adequado para a larvicultura do *M. carcinus* ( $Z_{VI a PL}$ ). A eficiência  
410 do SFD no controle dos compostos nitrogenados se deve, principalmente, as condições de  
411 maturação prévia do filtro biológico, que forneceu meios para a colonização das bactérias  
412 nitrificantes (Griessinger et al., 1989). Segundo Valenti et al. (2010), o uso de substratos  
413 maturados reduz a probabilidade de picos de amônia e nitrito ao longo do ciclo de cultivo. Os  
414 piores resultados de qualidade da água durante este estudo foram observados no AV–*Água*  
415 *verde*. Segundo Fujimura (1966) e Cohen et al. (1976) a principal função das algas em um  
416 sistema de água verde seria como agentes desintoxicadores, removendo os compostos  
417 nitrogenados. Entretanto, durante este estudo, o AV não mostrou eficiência nesta remoção. A  
418 amônia oscilou bastante e, assim como o nitrito e o nitrato, apresentou níveis crescentes e  
419 inadequados para o cultivo das larvas de *M. carcinus*. Estes resultados também foram  
420 verificados por Lee (1982) que observou uma grande flutuação destas variáveis durante o

421 cultivo em água verde. Segundo Manzi et al. (1977), não existe uma correlação entre a  
422 presença das algas e os níveis de nitrato e amônia.

423

### 424 3.5. Sobrevivência larval

425 As Fases I ( $Z_{VI-VIII}$ ), II ( $Z_{VIII-X}$ ) e III ( $Z_{X a PL}$ ) tiveram duração de 11, 13 e 12 dias,  
426 respectivamente, contabilizando um período total de 36 dias de cultivo experimental. A  
427 sobrevivência média das larvas de *M. carcinus* nas três fases foi representada na Figura 4. Ao  
428 final da Fase I, a sobrevivência média das larvas  $Z_{VIII}$  de *M. carcinus* registrada em AV, AC,  
429 SFD e BFT foi 58,7; 43,8; 40,6 e 8,4%, respectivamente. O sistema BFT – *Bioflocos* foi  
430 significativamente inferior ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos nesta fase. Na Fase II, todos os  
431 sistemas foram diferentes estatisticamente ( $P < 0,05$ ) entre si, sendo a melhor sobrevivência  
432 observada no SFD–*Biofiltro* e a pior no BFT. A sobrevivência média das larvas  $Z_X$  ao final  
433 desta fase foi 70,6; 38,7; 15,9 e 2,18%, para os sistemas SFD, AV, AC, e BFT,  
434 respectivamente. Ao final do cultivo, na Fase III, os valores médios de sobrevivência para  
435 AV, AC, BFT e SFD foram 8,7; 26,8; 34,13 e 60,3%, respectivamente. Nesta fase, o  
436 tratamento AV–Água Verde apresentou resultados inferiores ( $P < 0,05$ ) aos do BFT e SFD,  
437 igualando-se apenas ao AC–Água Clara.

438 Considerando as três fases, a sobrevivência média durante a larvicultura do *M. carcinus*  
439 ( $Z_{VI a PL}$ ) com os sistemas BFT, AC, AV e SFD foi 14,9; 28,8; 35,3 e 57,1%, respectivamente  
440 (Tabela 3). Desta forma, o SFD – *Biofiltro* apresentou sobrevivências melhores ( $P < 0,05$ ) que  
441 as observadas no AC–Água Clara e BFT–*Bioflocos*. Já o sistema AV–Água Verde obteve  
442 resultados similares ( $P \geq 0,05$ ) ao AC e SFD, e superiores ( $P < 0,05$ ) ao BFT. Santos et al.  
443 (2007), utilizando um sistema com filtro biológico e troca de água para avaliar diferentes  
444 dietas na larvicultura do *M. carcinus*, obteve sobrevivências entre 3,5 e 14,8%. Choudhury  
445 (1971b) e Herman et al. (1999), em cultivo de *M. carcinus* utilizando água clara, obtiveram

446 sobrevivências de 2,5 e 14,3%, respectivamente. Durante este estudo foi adotada uma  
447 estratégia de retirada das pós-larvas à medida que foram surgindo nas unidades  
448 experimentais, e isto reduziu bastante as perdas por canibalismo, responsável pela baixa  
449 sobrevivência e produtividade do *M. carcinus*.

450

### 451 3.6. Avaliação do cultivo e desenvolvimento larval

452 Os parâmetros de desempenho do *M. carcinus* após 36 dias de larvicultura em  
453 diferentes sistemas de cultivo estão sumarizados na Tabela 3. Ao final do cultivo, verificou-  
454 se que não houve diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) quanto ao peso médio das larvas (7,6 a 9,1  
455 mg) e o comprimento total das pós-larvas (8,4 a 8,7 mm). Em relação ao peso das pós-larvas,  
456 a média variou de 10,6 a 13,0 mg e os maiores valores ( $P < 0,05$ ) foram registrados nos  
457 sistemas sem renovação de água (BFT–*Bioflocos* e SFD–*Biofiltro*).

458 Os dados de produção de larvas e pós-larvas, biomassa final, taxa de metamorfose,  
459 percentual de larvas sem metamorfose e sobrevivência média entre as fases foram  
460 significativamente influenciados ( $P < 0,05$ ) pelos sistemas de cultivo utilizados (Tabela 3). Ao  
461 final do experimento, a maior quantidade de larvas foi observada no SFD (12,3 larvas L<sup>-1</sup>) e a  
462 menor no BFT (0,1 larvas L<sup>-1</sup>). Nos sistemas AV e AC esta quantidade foi 0,9 e 1,1 larvas L<sup>-1</sup>  
463 <sup>1</sup>, respectivamente, sem diferença estatística ( $P \geq 0,05$ ) entre estes sistemas. Relacionando a  
464 quantidade final de larvas com a sobrevivência na *Fase III*, foram obtidos os percentuais de  
465 larvas sem metamorfose em cada sistema (Tabela 3). O sistema BFT, apresentou o menor  
466 ( $P < 0,05$ ) percentual de larvas sem metamorfose entre os tratamentos, apenas 1%. Já nos  
467 sistemas AV, AC e SFD estes percentuais foram 17,2, 42,5 e 81%, respectivamente.

468 Os valores de produtividade média de pós-larvas e taxa de metamorfose obtida no BFT  
469 (8,4 PL L<sup>-1</sup>; 33,7%) foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos observados no SFD (2,8 PL L<sup>-1</sup>; 11,2%) e  
470 AV (1,3 PL L<sup>-1</sup>; 5,2%), e iguais aos obtidos no AC (5,6 PL L<sup>-1</sup>; 22,5%) (Tabela 3). A

471 biomassa média estimada ao final do cultivo em AV, AC, BFT e SFD foi 224; 692; 1.097 e  
472 1.291 mg, respectivamente. Herman et al. (1999) e Choudhury (1971b), utilizando um  
473 sistema com água clara obtiveram taxas de metamorfose mais baixas para o *M. carcinus* (10,6  
474 e 2,5%, respectivamente). No entanto, os valores obtidos para *M. carcinus* são bastante  
475 inferiores aos observados em larvicultura de *M. rosenbergii* (75-80%) (Herman et al. (1999).

476 Segundo Sandifer et al. (1977) a produtividade média nos sistemas com água verde  
477 geralmente é inferior a obtida em água clara. A produção de larvas de *M. rosenbergii* em  
478 água verde varia de 11 a 30 PL L<sup>-1</sup> (Fujimura, 1972, 1974; Malecha, 1980, 1983) e em água  
479 clara de 34 a 60 PL L<sup>-1</sup>, dependendo dos níveis diários de trocas de água (Aquacop, 1977,  
480 1983, 1984; Ong, 1983). Manzi et al. (1977), obtiveram os melhores resultados em água  
481 verde (59 PL L<sup>-1</sup> de *M. rosenbergii*). Segundo Parseval et al. (1989), em uma comparação  
482 simulada entre os sistemas de larvicultura de *M. rosenbergii* aplicados em escala comercial, a  
483 produtividade média projetada para água verde, água clara e sistema fechado foi 40, 50 e 60  
484 PL L<sup>-1</sup>, respectivamente. Nos sistemas fechados, a produção média de pós-larvas de *M.*  
485 *rosenbergii* varia de 30 a 65 PL L<sup>-1</sup> (Ong, 1983; Castro et al., 1988; Griessinger et al., 1989).

486 Lobão et al. (1998), ao comparar quatro métodos de manutenção de larvas de *M.*  
487 *rosenbergii* em sistemas fechados, obtiveram sobrevivências variando de 27,7 a 50,8%,  
488 produtividade de 5,7 a 18,6 PL L<sup>-1</sup> e tempo de desenvolvimento entre 38 e 46 dias. Mallasen e  
489 Valenti (1998), utilizando filtro biológico na larvicultura do *M. rosenbergii* obtiveram taxa de  
490 metamorfose e produtividade média, em água salobra natural e artificial, de 74% e 60 PL L<sup>-1</sup>  
491 e 55% e 44 PL L<sup>-1</sup>, respectivamente.

492 Em relação ao Índice de Desenvolvimento Larval (LSI) acompanhado ao longo dos 36  
493 dias de cultivo (Figura 5), foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em função da  
494 utilização dos diferentes sistemas de larvicultura. A partir do 22º dia de cultivo, as larvas do  
495 sistema BFT – *Bioflocos* apresentaram um desenvolvimento mais acelerado em relação às

496 larvas dos demais sistemas. Ao final do experimento, as larvas de *M. carcinus* criadas no  
497 SFD obtiveram menor ( $P < 0,05$ ) LSI (11,1) que os demais sistemas de cultivo AV, AC e BFT  
498 (12,4; 12,7 e 13,0, respectivamente) (Figura 6). Este retardo no desenvolvimento das larvas  
499 pode estar relacionado à maior densidade de larvas observada no SFD ao final do cultivo,  
500 uma vez que este sistema apresentou os melhores índices de sobrevivência e produção de  
501 larvas/L (Figura 4 e Tabela 3).

502 O tempo médio de surgimento da 1ª pós-larva foi significativamente ( $P < 0,05$ )  
503 influenciado pelos tratamentos (Tabela 3), e variou de forma equivalente aos dados de LSI  
504 (Figura 5). No sistema BFT, a 1ª pós-larva foi observada com aproximadamente 25 dias de  
505 cultivo, enquanto que no SFD – *Biofiltro*, este tempo foi superior, cerca de 30 dias (Tabela 3).  
506 No AC–*Água Clara* e AV–*Água Verde* a 1ª pós-larva foi observada com 28 e 29 dias,  
507 respectivamente, e não foram estatisticamente diferentes ( $P \geq 0,05$ ) do BFT e SFD. Segundo  
508 Herman et al. (1999) e Santos et al. (2007), as primeiras pós-larvas de *M. carcinus* são  
509 obtidas, geralmente, entre 33 e 56 dias de cultivo. Considerando os 20 dias de pré-cultivo  
510 (eclosão até  $Z_{VI}$ ), o tempo total para obtenção da 1ª pós-larva no BFT, AC, AV e SFD foi 45,  
511 48, 49 e 50 dias, respectivamente, e permaneceu dentro do esperado para a espécie.  
512 Entretanto, esta variação pode estar relacionada com a temperatura ou outras variáveis do  
513 cultivo (Kutty e Valenti, 2010), como compostos nitrogenados, densidade de estocagem,  
514 salinidade e alimentação.

515 A grande problemática na produção de pós-larvas de *M. carcinus* está no seu longo  
516 desenvolvimento larval (45 a 70 dias) (Valenti, 1985; Herman et al., 1999; Pinheiro et al.,  
517 2004; Santos et al., 2007) e comportamento agressivo, o que acarreta uma baixa  
518 sobrevivência (10-18%) e produtividade (6-10 pós-larvas/L) (Correia e Cordeiro, 1981,  
519 Lobão e Rojas, 1985; Graziani et al. 1993; Abreu et al., 2004; Kutty e Valenti, 2010).

520

#### 521 4. Conclusões

522 O sistema fechado dinâmico (SFD–*Biofiltro*) se apresenta como o mais adequado para a  
523 larvicultura do *M. carcinus* ( $Z_{VI\ a\ PL}$ ), com melhores resultados em termos de sobrevivência e  
524 de qualidade da água. Entretanto, o retardo na metamorfose larval observado neste sistema  
525 (LSI=11,09), pode ser atribuído à densidade mais elevada (12,3 larvas  $L^{-1}$ ; 81%) ao final do  
526 cultivo. Alternativamente, com a possibilidade de adoção de um sistema de larvicultura  
527 multifásico para o *M. carcinus*, o sistema AV–*Água Verde* seria adequado para os estágios  
528 larvais intermediários ( $Z_{VI-IX}$ ), e o BFT–*Bioflocos* para os estágios finais ( $Z_{X-PL}$ ), considerando  
529 a possível contribuição nutricional do bioflocos. No caso do AC–*Água Clara*, considerando a  
530 produção de pós-larvas obtida pode ser utilizado mediante a adoção de taxas de renovação de  
531 água mais elevadas.

532

#### 533 Agradecimentos

534 Agradecemos ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade –  
535 ICMBio, pela concessão de autorização para captura e transporte dos camarões (Licença nº  
536 35782-2 MMA/ICMBio/SISBIO). Este trabalho foi financiado com recursos do Conselho  
537 Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Proc. CNPq Universal Nº  
538 480717/2010-9) e da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco  
539 – FACEPE (Proc. Nº APQ – 0893 – 5.06/10). Eudes de Souza Correia é bolsista de  
540 Produtividade em Pesquisa do CNPq (Proc. CNPq Nº 305144/2010-3). Agradecemos à  
541 Estação de Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEPAq/UFRPE), e  
542 também aos Laboratórios de Limnologia e Maricultura Sustentável do Departamento de  
543 Pesca e Aquicultura da UFRPE, por todo apoio durante a realização desta pesquisa.

544

545

546 **Referências**

- 547 APHA (American Public Health Association), 1995. Standard Methods for the Examination  
548 of Water and Wastewater. 19th ed. APHA, Washington, DC, USA, 1082 pp.
- 549 Aquacop, 1977. *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) culture in Polynesia: progress in  
550 developing a mass intensive larval rearing technique in clear water. Proc. VIII World  
551 Mari. Soc.: 311-326.
- 552 Aquacop, 1982. Mass production of juveniles of freshwater prawn *Macrobrachium*  
553 *rosenbergii* in French Polynesia: Predevelopment phase results. In: Proceedings of  
554 Symposium on Coastal Aquaculture 1982, Part 1. Marine Biological Association of  
555 India, Cochin, India, pp. 71-75.
- 556 Aquacop, 1983. Intensive larval rearing in clear water of *Macrobrachium rosenbergii* (De  
557 Man, Anuenue Stock) at the Centre Oceanologique du Pacifique, Tahiti. In: J. McVey,  
558 P., Moore, J.R. (Eds.), CRC Handbook of Mariculture, Vol. 1: Crustacean Aquaculture.  
559 CRC Press, Boca Raton, pp. 179–87.
- 560 Armstrong, D. A.; Stephenson, M. J.; Knight, A. W. 1976 Acute toxicity of nitrite to larvae  
561 of the giant Malaysian prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture, 9: 39-46.
- 562 Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., Azim, M.E.,  
563 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly  
564 enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. Aquacult.  
565 280, 117–123.
- 566 Avnimelech, Y., 1999. Carbon/ nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems.  
567 Aquacult. 176, 227-235.
- 568 Avnimelech, Y., 2006. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. Aquacult.  
569 Eng. 34, 172-178.
- 570 Avnimelech, Y., 2009. Biofloc technology – A Pratical Guide Book. The World Aquaculture  
571 Society, Baton Rouge, Louisiana, LA, United States, 182 pp.
- 572 Azim, M.E., Little, D.C., Bron, J.E., 2008. Microbial protein production in activated  
573 suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture.  
574 Bioresource Technology. 99, 3590–3599.
- 575 Ballester, E.L.C., Abreu, P.C., Cavalli, R.O., Emerenciano, M., De Abreu, L., Wasielesky,  
576 W. Jr., 2010. Effect of pratical diets with different protein levels on the perfor-mance of  
577 *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial  
578 flocs intensive system. Aquaculture Nutrition. 16, 163 – 172.
- 579 Bertini, G. & Valenti, W.C., 2010. Importância econômica dos camarões de água doce. In:  
580 Silva, R. B. & Ming, L. C. (Eds.), Polo de Biotecnologia da Mata Atlântica: Relatos de

- 581 Pesquisas e Outras Experiências Vividas no Vale do Ribeira. Jaboticabal, Funep, pp.  
582 155-170.
- 583 Bond-Buckup, G., Buckup, L., 1989. Os Palaemonidae de águas continentais do Brasil  
584 Meridional (Crustacea, Decapoda). Rev. Brasil. Biol. 49 (4), 883-896.
- 585 Bowles, D.E., Aziz, K., Knight, C.L., 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea:  
586 Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of species and an assessment of  
587 threats to their survival. Journal of Crustacean Biology. 20, 158-171.
- 588 Borges, D.A., Ribeiro, R.M., Menenes, M., Barros-Junior, F.V.P., Costa, A.M., Ponte, M.L.,  
589 Mendonça, T.L.V., Ogawa, M., 2003. Dados preliminares da larvicultura do camarão pitu,  
590 *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) em laboratório. In: XIII Congresso Brasileiro  
591 de Engenharia de Pesca. Porto Seguro, BA. Anais ... Porto Seguro, BA: FAEP-BR, pp.  
592 118.
- 593 Brock, T.D., Madigan, M.T., Martinko, J.M., Paeker, J., 1994. Biology of Microorganisms.  
594 Prentice Hall, Englewood.
- 595 Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003.  
596 Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in  
597 Belize. Aquaculture, 219, 393-411.
- 598 Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H.; Pearson, D.C., 2004. The  
599 contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a  
600 high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture, 232, 525-537.
- 601 Carvalho-Filho, J., Mathias, M.A.C., 1998. Larvicultura em sistema fechado estático. In:  
602 Valenti, W.C. (Ed.), Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões.  
603 Brasília: IBAMA; FAPESP, pp. 95-113.
- 604 Castro, P.F., Pertsew, K.C.R., Cavalcanti, L.B., Cordeiro, E.A., 1988. Pesquisa sobre  
605 produção de pós-larvas do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em  
606 sistema de recirculação. In: Nascimento, P., Rodrigues, J.B.R., Muller, Y.M., Andreatta,  
607 E., Gomes, S.Z., Magalhães, A.R.M. (Eds.), Anais do VI Simpósio Latino-americano de  
608 Aquicultura e V Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 17-22 abril 1988. Associação  
609 Brasileira de Aquicultura (ABRAq), Florianópolis, pp. 645-651.
- 610 Cavalcanti, L. B., 1998. Histórico. In: Valenti, W. C. (Eds.). *Carcinicultura de água doce:*  
611 *tecnologia para produção de camarões*. Brasília: IBAMA; FAPESP. p.17-20.
- 612 Cavalcanti, L.B., Correia, E.S., Cordeiro, E.A., 1986. Camarão: Manual de Cultivo do  
613 *Macrobrachium rosenbergii* (pitu havaiano – gigante da Malásia). Aquaconsult, Recife,  
614 pp. 143.

- 615 Chauvin, W.D., 1992. Freshwater prawns in the USA – a market in transition. *Infofish*  
616 *International*, 4 (92), 17-19.
- 617 Choudhury, P.C., 1971a. Complete larval development of the Palaemonid shrimp  
618 *Macrobrachium carcinus* (L.) reared in the laboratory. *Crustaceana*, 20(1), 51-69.
- 619 Choudhury, P.C., 1971b. Responses of larval *Macrobrachium carcinus* (L.) to variations in  
620 salinity and diet (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 20(2), 113-20.
- 621 Chowdhury, R., Bhattacharjee, H., Angell, C., 1993. A Manual for Operating a Small-scale  
622 Recirculation Freshwater Prawn Hatchery. Bay of Bengal Programme, Madras.
- 623 Coelho, P. A.; Ramos-Porto, M.; Beltrão, A. C. M., 1978. Comportamento em cativeiro dos  
624 camarões *Macrobrachium acanthurus* e *M. carcinus* (Crustácea, Decapoda,  
625 Palaemonidae): resultados preliminares. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 587.
- 626 Coelho, P.A., Porto, M.R., Soares, C.M.A., 1981. Cultivo de camarões do gênero  
627 *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae) no Brasil. EMPARN (Boletim Técnico  
628 6), Natal, pp. 66.
- 629 Coelho, P.A., Porto, M.R., Soares, C.M.A., 1982. Biologia e Cultivo de Camarões de Água  
630 Doce. Departamento de Oceanografia – UFPE, Série Aquicultura nº 1, Recife, pp. 53.
- 631 Cohen, D., A. Finkel, and M. Sussman. 1976. The role of algae in larviculture of  
632 *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 8:199-207.
- 633 Cohen, D. & Ra'Anan, Z., 1989. Intensive closed-cycle *Macrobrachium rosenbergii* hatchery:  
634 biofiltration and production strategy. In: Martuns, M.M.R., Correia, E.S., Cavalheiro,  
635 J.M. (Eds.), *Anais do III Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarão*, 15–20 outubro  
636 1989, Vol. 2: Camarão de Água Doce e Outros. MCR Aquicultura, João Pessoa, pp. 49–  
637 69.
- 638 Cordeiro, E. A.; Silva, J. A. Técnicas de cultivo de camarões de água doce *Macrobrachium*  
639 *rosenbergii* (De Man): comparação entre sistemas de larvicultura. In: II Congresso  
640 Brasileiro de Engenharia de Pesca, 1981, Recife, PE. *Anais...* Recife, PE: AEP-PE, 1981.  
641 p. 143-154.
- 642 Correia, E.S., Castro, P.F., 1998. Larvicultura em sistema aberto. In: Valenti, W. C. (Ed.).  
643 *Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões*. Brasília: IBAMA,  
644 FAPESP, p. 77-94.
- 645 Correia, E. S.; Cordeiro, E. A. Estudo comparativo do crescimento de camarões de água doce  
646 no estado de Pernambuco. In: II Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 1981,  
647 Recife, PE. *Anais...* Recife, PE: AEP-PE, 1981. p. 155-160.
- 648 Correia, E.S., Martins, M.M.R., Maia Filho, M.A., Cavalcanti, M.A.A.U. 1988. Modelo  
649 artesanal de produção de pós-larvas do camarão *Macrobrachium rosenbergii*. In:

- 650 Nascimento, P., Rodrigues, J.B.R., Muller, Y.M., Andreatta, E., Gomes, S.Z.,  
651 Magalhães, A.R.M. (Eds.), Anais do VI Simpósio Latino-Americano Aquicultura e V  
652 Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 17–22 abril 1988, Associação Brasileira de  
653 Aquicultura (ABRAq), Florianópolis, pp. 652–6.
- 654 Correia, E.S., Suwannatous, S., New, M.B., 2000. Flow-through hatchery systems and  
655 management. In: New, M.B., Valenti, W.C. (Eds.), Freshwater Prawn Culture.  
656 Blackwell, Oxford, pp. 52– 68.
- 657 Correia, E.S., Branco, F.C., Santos, L., Rocha, D., Melo, F., 2011a. Freshwater prawn  
658 *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) hatchery for restocking in the lower region of  
659 São Francisco River, Brazil. In: Asian Pacific Aquaculture 2011, Kochi, India. The  
660 future is here. Kochi: WAS, 2011. CD., pp. 91.
- 661 Correia, E.S., Lima, J.P.V., Rocha, D., Santos, L., Melo, F., Branco, F.C., 2011b. Freshwater  
662 prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) hatchery in Brazil: perspectives and  
663 challenges. In: World Aquaculture 2011, Natal, Brazil. Aquaculture for a changing  
664 world. Natal: WAS, 2011. CD., pp. 268.
- 665 Crab, R., Kochva, M., Verstrate, W., Avnimelech, Y., 2009. Bio-flocs technology application  
666 in over-wintering of tilapia. Aquacultural Engineering. 40, 105-112.
- 667 Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. 2012. Biofloc technology in aquaculture:  
668 Beneficial effects and future challenges. Aquaculture. 356–357, 351– 356.
- 669 Daniels, W.H., D’Abramo, L.R., Parseval, L., 1992. Design and management of a closed,  
670 recirculating “clearwater” hatchery system for freshwater prawns, *Macrobrachium*  
671 *rosenbergii* De Man, 1979. Journal of Shellfish Research, 11(1), 65-73.
- 672 De Man, J. G. 1879. On some species of the genus *Palaemon* Fabr. With descriptions of two  
673 new forms. Notes from the Royal Zoological Museum of the Netherlands at Leyden  
674 1(41): 165-184.
- 675 Dobkin, S., 1971. A contribution to knowledge of the larval development of *Macrobrachium*  
676 *acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae). Crustaceana 21, 294–297.
- 677 Dobkin, S., Azzinaro, W.P., Van Montfrans, J., 1974. Culture of *Macrobrachium acanthurus*  
678 and *M. carcinus* with notes on the selective breeding and hybridization of these shrimps.  
679 Proceedings of the World Mariculture Society 5, 51–62.
- 680 Dugan, C.C., Hagood, R.W., Frakes, T.A., 1975. Development of spawning and mass larval  
681 rearing techniques for brackish-freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium*  
682 (Decapoda, Palaemonidae). Florida Marine Research Publications, 12, 1-28.

- 683 Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry  
684 of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in  
685 aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346-358.
- 686 Erler, D., Songsangjinda, P., Keawtawee, T., Chaiyakum, K., 2005. Preliminary investigation  
687 into the effect of carbon addition on growth, water quality and nutrient dynamics in zero-  
688 exchange shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Asian Fisheries Science* 18, 195-  
689 204.
- 690 Fujimura, T., 1966. Notes on the development of a practical mass culturing technique for the  
691 giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. Indo-Pac. Fish Counc.* 12<sup>th</sup>.  
692 IPFC/C66/WP47. Honolulu, 4p.
- 693 Fujimura, T., 1972. Development of a prawn culture industry. Annual Report, Project No. H-  
694 14-D-1, Hawaii, National Marine Fisheries Service.
- 695 Fujimura, T., 1974. Development of a prawn culture industry in Hawaii. Job Completion  
696 Report (July 1, 1969-June 30, 1972) to U.S. Dept. of Commerce, NOAA, NMFS, 21 pp.
- 697 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate  
698 and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp  
699 *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, 321,  
700 130-135.
- 701 Graziani, C.A., Chung, K.S., Donato, M., 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidade de  
702 *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) em Venezuela. *Revista de Biologia*  
703 *Tropical*, 41 (3A), 657-665.
- 704 Griessinger, J.M., ROBIN, T., POLLET, T., PIERRE, M.J., 1989. Progress in use of  
705 biological filtration in mass production of *Macrobrachium rosenbergii* in closed system  
706 in French Guiana. *Journal of the World Aquaculture Society* 20(1), 41A.
- 707 Heller, C. 1862. Beiträge zur näheren Kenntniss der Macrouren. *Sitzungsberichte der*  
708 *Akademie der Wissenschaften in Wien* 45(1), 389-426.
- 709 Herman F., Fievet E., Boucher P., 1999. Potentialités et intérêts de l'élevage larvaire de la  
710 crevette d'eau douce indigène *Macrobrachium carcinus* (L.) (Palaemonidae) aux Antilles  
711 françaises. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 352, 81-90.
- 712 Hirayama, K., 1972. Circulatory system for rearing aquatic animals and related water quality  
713 control. *Baioteku* 3, 605-609.
- 714 Hirayama, K., 1974. Water control by filtration in closed culture systems. *Aquaculture*, 4(4),  
715 605-609.

- 716 Holthuis, L.B., 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda,  
717 Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemonidae. Occasional Papers, Allan  
718 Hancock Foundation 12, 1-396.
- 719 Holthuis, L.B., 1980. FAO Species catalogue: shrimps and prawns of the world. An  
720 Annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish Synopses, (125) 1, pp.  
721 261.
- 722 Holtschmit, M., 1990. Manual técnico para el cultivo y engorda del lagostino malayo.  
723 México, FONDEPESCA, pp. 17-32.
- 724 IBAMA, 2004. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.  
725 Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004.  
726 ([http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes\\_normativas/IN05\\_2004\\_MM](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/IN05_2004_MM)  
727 [A\\_Aquaticosamea%C3%A7ados.pdf](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/IN05_2004_MM). Acesso em: 10 janeiro 2014).
- 728 Ismael, D. & Moreira, G.S., 1997. Effect of temperature and salinity on respiratory rate and  
729 development of early larval stages of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836)  
730 (Decapoda, Palaemonidae). Comp. Biochem. Physio. 118A (3), 871 – 876.
- 731 Kaiser, G.E., Wheaton, F.W., 1983. Nitrification filter for aquatic culture systems: state of the  
732 art. Journal of the World Mariculture Society 14, 302–24.
- 733 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R.O., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011.  
734 Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc  
735 Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. Journal of the  
736 World Aquaculture Society 42 (5), 726-733.
- 737 Krummenauer, D., Seifert, C.A., Poersch, L.H., Foes, G.K., Lara, G.R., Wasielesky, W.,  
738 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da  
739 água. Atlântica 34 (2), 103-111.
- 740 Kuhn, D.D., Boardman, G.D., Lawrence, A.L., Marsh, L., Flick, G.J., 2009. Microbial floc  
741 meals as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed.  
742 Aquaculture 296, 51–57.
- 743 Kutty, M.N., Valenti, W.C., 2010. Culture of other freshwater prawn species. In: New, M.B.,  
744 Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R., Kutty, M.N. (Eds.), Freshwater Prawns:  
745 Biology and Farming. Blackwell Science, Great Britain, p. 502-522.
- 746 Lal, M.M., Seeto, J., Pickering, T.D., Hodge, S. 2012. Salinity and temperature requirement  
747 for larviculture of the Monkey River prawn *Macrobrachium lar* (Fabricius, 1789)  
748 (Decapoda: Caridea: Palaemonidae). Aquaculture 366–367, 1–8.
- 749 Lee, C.L., 1982. Progress in developing standardised system for production of juvenile  
750 *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) at Mardi, Malacca. In: New, M.B. (Ed.), Giant

- 751 Prawn Farming, Development in Aquaculture and Fisheries Science. Techn. Session I: 5.  
752 Elsevier, Amsterdam, pp. 462-483.
- 753 Lewis, J.B., 1961. Preliminary experiments on the rearing of the freshwater shrimp,  
754 *Macrobrachium carcinus* (L). Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute  
755 14, 199-201.
- 756 Lewis, J.B., Ward, J., 1965. Developmental stages of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium*  
757 *carcinus* (Linnaeus, 1758). Crustaceana, 9(2), 137-48.
- 758 Ling, S.W., Costello, T.J., 1979. The culture of freshwater prawns: a review. In: PILLAY,  
759 T.V.R. & DILL, W.A. (Ed.), Advances in Aquaculture. Papers presented in the FAO  
760 Technical Conference on Aquaculture, 26 May – 02 June 1976, Kyoto, Fishing News  
761 Books, Blackwell Science, Oxford, pp. 299-304.
- 762 Ling, S. W.; Merican, A. B. O., 1961. Notes on the life and habits of the adults and larval  
763 estages on *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Indo-Pacific Fisheries Council Proc.*,  
764 v.9, n.2, p.55-61.
- 765 Linnaeus, C., 1758. Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines,  
766 Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Editio decima,  
767 reformata, Vol. 1. Laurentii Salvii, Holmiae [Stockholm]. ii, 824 pp.
- 768 Lobão, V.L., 1997. Camarão-da-malásia: larvicultura. Brasília: Embrapa-SPI, pp. 119.
- 769 Lobão, V.L., Luzia, L.A., Sampaio, G.R., Hortencio, E.; Souza, A.M., 1998. Estudo  
770 comparativo entre quatro métodos de sistemas fechados de circulação em larvicultura de  
771 *Macrobrachium rosenbergii*. Boletim do Instituto de Pesca 5, 101-109.
- 772 Louzada, R., Amaral, A.A., Hermes, C.A., 2010. Efeito da salinidade sobre o  
773 desenvolvimento larval do camarão de água doce *Macrobrachium carcinus*. In: XV  
774 Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XI Encontro Latino Americano de  
775 Pós-graduação, pp. 4.
- 776 Mago-Leccia, F., 1995. El cultivo del camarón de río *Macrobrachium carcinus*, un potencial  
777 desestimado en Venezuela. FONAIAP Centro de Investigaciones Agropecuarias del  
778 Estado Anzoátegui, Estación Local Barcelona, Venezuela. Acesso em: 14/05/2012  
779 <[http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/Fonaiap\\_Divulga/fd50/camaron.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/Fonaiap_Divulga/fd50/camaron.htm)>
- 780 Mallasen, M. & Valenti, W. C. 1998. Comparision of artificial and natural, new and reused  
781 brackish water for the larviculture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosnbergii* in  
782 a recirculating system. Journal of the World Aquaculture Society, 29 (3): 345-50.
- 783 Mallasen, M., Valenti, W.C. & Ismael, D., 2003. Effects of nitrate concentration on larval  
784 development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). Journal of Applied  
785 Aquaculture 14(3/4):55–69.

- 786 Mallasen, M. & Valenti, W.C., 2005. Larval development of the giant river prawn  
787 *Macrobrachium rosenbergii* at different ammonia concentrations and pH values. Journal  
788 of the World Aquaculture Society 36:32–41.
- 789 Mallasen, M.; Valenti, W. C., 2006. Effect of nitrite on larval development of giant river  
790 prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, v. 261, p.1292-1298.
- 791 Malecha S.R., 1983. Commercial seed production of the freshwater prawn, *Macrobrachium*  
792 *rosenbergii*, in Hawaii. in J. McVey, ed. CRC handbook of Mariculture Vol I Crustacean  
793 Aquaculture. CRC Press, Inc. Boca Raton, Fla. p. 391- 412.
- 794 Malecha S.R., 1989. Aquaculture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*, in  
795 Hawaii: History, present status and application to other areas. In: Simpósio Brasileiro de  
796 Aquicultura, 1, 1978, Recife-PE p. 1-23.
- 797 Manzi, J.J., Maddox, M.B., Sandifer, P.A., 1977. Algal supplement enhancement of  
798 *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) larviculture. Proceedings of the World  
799 Mariculture Society 8, 207–23.
- 800 McIntosh, D., Samocha, T.M., Jones, E.R., Lawrence, A.L., McKee, D.A., Horowitz, S.,  
801 Horowitz, A., 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density  
802 culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and  
803 no water exchange. *Aquacultural Engineering* 21, 215-227.
- 804 McNamara, J.C., Moreira, G.S., Souza S.C.R., 1986. The effect of salinity on respiratory  
805 metabolism in selected ontogenetic stages of the freshwater shrimp *Macrobrachium*  
806 *olfersii* (Decapoda, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physio.* 83A (2), pp. 359–363.
- 807 Melo, G.A.S., Coelho, P.A., 2008. *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). In: Machado,  
808 A.B.M., Drummond, G.M., Paglia, A.P. (Eds.), Livro vermelho da fauna brasileira  
809 ameaçada de extinção. Ministério do Meio Ambiente, Brasília (Série Biodiversidade 19),  
810 1, 277-278.
- 811 Melo, G.A.S. (Ed.), 2003. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do  
812 Brasil. Edições Loyola: Centro Universitário São Camilo: Museu de Zoologia,  
813 Universidade de São Paulo. pp. 429.
- 814 Menasveta, P., 1982. Effect of ozone treatment on the survival of prawn larvae  
815 *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) reared in a closed recirculating water system, In:  
816 New, M.B. (Ed.), Giant Prawn Farming: Proceedings of ‘Giant Prawn 1980’ an  
817 International Conference on Freshwater Prawn Farming (Bangkok), 1980. Elsevier,  
818 Amsterdam, pp. 295-302.

- 819 Michaud, L., Blancheton, J.P., Bruni, V., Piedrahita, R., 2006. Effect of particulate organic  
820 carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological  
821 filters. *Aquacultural Engineering* 34, 224–233.
- 822 Montenegro, S.C.S., Nordi, N., Marques, J.G.W., 2001. Contexto cultural, ecológico e  
823 econômico da produção e ocupação dos espaços de pesca pelos pescadores de pitu  
824 (*Macrobrachium carcinus*) em um trecho do baixo São Francisco, Alagoas, Brasil. *INCI*.  
825 26(11), 535-540.
- 826 New, M. B., 1990. Freshwater prawn culture: a review. *Aquaculture* 88, 99–143.
- 827 New, M. B., 2002. Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river  
828 prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper 428. FAO, Rome.
- 829 New, M. B. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and glance at the  
830 future. *Aquaculture Research* 36, 210-230.
- 831 New, M. B.; Kutty, M. N., 2010. Commercial freshwater prawn farming and enhancement  
832 around the world. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO,  
833 L.R.; KUTTY, M. N. (Eds.) *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Blackwell  
834 Science, Great Britain, p. 346-396.
- 835 Ngoc-Ho, N., 1976. The larval development of the prawns *Macrobrachium equidens* and  
836 *Macrobrachium* sp. (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Journal of*  
837 *Zoology London* 178, 15–55.
- 838 Ong, B.U., 1983. Progress in selecting an appropriate culture system for a small-scale  
839 *Macrobrachium rosenbergii* hatchery. *Aquaculture* 35, 267–72.
- 840 Parseval, L., Malecha, SR., Cotsapas, L., D'Abramo, L., MacMichael, R.E., Desmond, 1.  
841 1989. Potential application to Brazil of recent advances in the culture of marine shrimp  
842 and fresh water prawns. In: Anais do III Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarão,  
843 15-20 outubro 1989, João Pessoa, Vo1.2: Camarão de Água Doce e Outros, (Eds.:  
844 Martins, M. M. R., Correia, E. S., Cavalheiro, J. M.). p.71-83. MCR Aquaculture, João  
845 Pessoa.
- 846 Rabanal, H.R., 1982. The fishery for Palaemonid species and the need and potential for their  
847 culture. In: New, M.B. (Ed.), *Giant Prawn Farming, developments in aquaculture and*  
848 *fisheries science*. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam. 10, 309-331.
- 849 Ra'anan, Z.; Cohen, D., 1983. Production of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*  
850 in Israel. II Selective Stocking of size subpopulations. *Aquaculture, Amsterdam*, v.31,  
851 p.369-379.
- 852 Ray, A.J., Shuler, A.J., Leffler, J.W., Browdy, C.L., 2009. Microbial ecology and  
853 management of biofloc systems. In: Browdy, C.L. e Jory, D.E. (Eds.). *The rising tide*,

- 854 Proceedings of session on sustainable shrimp Farming, World Aquaculture Society 2009,  
855 Baton Rouge, Louisiana USA, pp. 255-266.
- 856 Rocha, D., Santos, L., Branco, F.C., Lima, J.P.V., Melo, F.; Correia, E., 2011. Postlarvae  
857 survival of freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958) reared under  
858 different feeding protocols. In: Asian Pacific Aquaculture 2011, Kochi, India. The future  
859 is here. Kochi: WAS, 2011. v. CD. pp. 92.
- 860 Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z.,  
861 Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D.L., 2007. Use of molasses as carbon source in  
862 limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural  
863 Engineering 36, 184-191.
- 864 Sandifer, P.A., Smith, T.I.J., 1975. Effects of population density on growth and survival of  
865 *Macrobrachium rosenbergii* reared in recirculating water management systems.  
866 Proceedings of the World Mariculture Society 6,43–53.
- 867 Sandifer, P.A., Smith, T.I.J., 1978. Aquaculture of Malaysian prawns in controlled  
868 environments. Food Technology 32(7),36–38, 40–42, 44–45, 83.
- 869 Santos, E.P., Leal, A.L.G., Silva, P.M.M., Correia, E.S., 2007. Influência de diferentes dietas  
870 na sobrevivência larval do camarão de água doce *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus,  
871 1758). Acta science biology Science, 29(2), 121-124.
- 872 Schryver, P.D., Crab, R.; Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs  
873 technology: the added value for aquaculture. Aquaculture 277, 125–137.
- 874 Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., Verreth, J.A.J., 2006. Molasses as C source for  
875 heterotrophic bacteria production on solid fish waste. Aquaculture 261, 239-1248.
- 876 Silva, J.W.B., Pinheiro, F.A., Augusto, J.A.M., Gurgel, J.J.S., 1981. Análise dos resultados  
877 de pescarias experimentais do camarão pitu *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758),  
878 realizadas na bacia do Rio Curu (Ceará, Brasil), no período de julho de 1978 a junho de  
879 1980. Boletim Técnico do DNOCS, 39(2), 89-126.
- 880 Silva, C.A., 1995. Utilização de água do mar artificial em larvicultura de *Macrobrachium*  
881 *rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palemonidae). Dissertação (Mestrado) –  
882 Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura, Jaboticabal, pp. 130.
- 883 Singholka, S., Sukapunt, C., 1982. Use of simple recirculation systems for larval culture of  
884 *Macrobrachium rosenbergii*. In: New, M.B. (Ed.), Giant Prawn Farming, Developments  
885 in Aquaculture and Fisheries Science Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam,10,  
886 291–4.
- 887 Spotte, S., 1979. Fish and Invertebrate Culture: Water Management in Closed Systems.  
888 Wiley-Interscience, New York.

- 889 Subramanian, S., Sambasivam, S., Krishnamurthy, K., 1980. Experimental study on the  
890 salinity tolerance of *Macrobrachium idae* larvae. Marine Ecology Progress Series 3, 71–  
891 73.
- 892 Suharto, H.H., Ismail, A., Poernomo, A., 1982. Breeding technique of *Macrobrachium*  
893 *rosenbergii* (de Man) in conical fiber glass tanks. In: New, M.B. (Ed.), Giant Prawn  
894 Farming, Development in Aquaculture and Fisheries Science. Techn. Session I: 3.  
895 Elsevier, Amsterdam, pp. 115-122.
- 896 Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in  
897 a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white  
898 shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258, 396–403.
- 899 Wiegmann, A.F.A., 1836. Beschreibung einiger neuen Crustaceen des Berliner Museums aus  
900 Mexico und Brasilien. Archive für Naturgeschichte 2, 145-151.
- 901 Valenti, W.C., 1985. Cultivo de Camarões de Água Doce. São Paulo: Nobel, pp. 82.
- 902 Valenti, W.C. 1993. Freshwater prawn culture in Brazil. World Aquaculture, 24(1), p. 29-34.
- 903 Valenti, W.C., 1996. Criação de camarões em águas interiores. FUNEP, Jaboticabal, pp. 81.
- 904 Valenti, W. C.; Daniels, W. H., 2000. Recirculation hatchery systems and management. In:  
905 New, M. B.; Valenti, W. C. (Eds.) *Freshwater Prawn Culture: The farming of*  
906 *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science, Great Britain, p. 69-90.
- 907 Valenti, W.C., Moraes-Riodades, P.M.C., 2004. Freshwater prawn farming in Brazil. Global  
908 Aquaculture Advocate, 7(4), 52-53.
- 909 Valenti, W. C., Mallasen, M., Silva, C.A., 1998. Larvicultura em sistema fechado dinâmico.  
910 In: Valenti, W.C. (Ed.), Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de  
911 camarões. Brasília: IBAMA, FAPESP, pp.115-144.
- 912 Valenti, W.C., Daniels, H.W., New, B.M., Correia, E.S., 2010. Hatchery Systems and  
913 Management. In: New, M.B., Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R., Kutty, M.  
914 N. (Eds.), *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Blackwell Science, Great Britain,  
915 pp. 55-85.
- 916 Vetorelli, M.P., 2008. Salinidade e composição iônica da água na larvicultura do camarão-da-  
917 Amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. Tese (Doutor em Aquicultura). Universidade  
918 Estadual Paulista (USP). Jaboticabal – SP, pp. 132.
- 919 Zar, J. H. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice Hall. 1996. 662 p.  
920  
921  
922

923 Tabelas

924

925 **Tabela 1.** Formulação e composição das dietas utilizadas na larvicultura do *M. carcinus*.

Dieta Úmida Formulada (COMP)*		Dieta Comercial (Frippak PL+300 Ultra)**	
Ingredientes	P. U. (%)	Ingredientes	P. U. (%)
Filé de lula	23,52	Farinha de peixe	52,05
Filé de peixe	23,52	Farelo de soja	—
Leite em pó	2,94	Óleo de peixe	—
Ovo de galinha	13,82	Farelo de trigo	—
Selco <sup>1</sup>	1,04	Lecitina de soja	—
Ácido ascórbico	0,06	Levedura	—
Alginato de sódio	0,07	Premix mineral e vitamínico	—
Premix vitamínico <sup>2</sup>	0,06	Aditivo pigmentante	—
Premix mineral <sup>3</sup>	0,88	Antioxidante	—
Água salobra (20‰)	34,10		
Total	100,00		
Composição	P. S. (%)		P. S. (%)
Proteína bruta	57,75	Min.	42,00
Lipídios	21,63	Min.	7,00
Fibras	—	Max.	2,50
Cinzas	11,88	Max.	15,00
Carboidratos	8,74		—
Matéria seca (%)	23,35	Min.	91,00
Energia bruta (Kcal Kg <sup>-1</sup> )	1.431		—

926 P. U. – Peso úmido; P. S. – Peso Seco. \* COMP – Creme de ovo, molusco e peixe. \*\* Informações fornecidas pelo

927 fabricante no rótulo do produto (INVE Aquaculture Inc., Salt Lake City, UT, USA).

928 <sup>1</sup> DC DHA Selco<sup>®</sup> (INVE Aquaculture Inc., Belgica), composição nutricional: Umidade (30%), Lipídios (65%), Cinzas929 (3%); Vit. A, 1.500.000 UI kg<sup>-1</sup>; Vit. D3, 150.000 UI kg<sup>-1</sup>; Vit. E, 2.000 UI kg<sup>-1</sup>; Vit. C, 400 mg kg<sup>-1</sup>(M.S.); Antioxidantes930 Ethoxyquin e BHA (Butil Hidroxi Tolueno); *n*-3 HUFA 200 mg g<sup>-1</sup>(M.S.); EPA 47 mg g<sup>-1</sup>(M.S.); DHA 139 mg g<sup>-1</sup>(M.S.);

931 DHA/EPA, 0,73.

932 <sup>2</sup> Suplemento vitamínico ADE p<sub>6</sub><sup>®</sup> (VetBras Ind. e Com. de Prod. Agrop. Ltda., Montes Claros, MG, Brasil). Níveis de

933 garantia por quilograma do produto: Vit. A, 13.000.000 UI; Vit. D3, 2.200.000 UI; Vit. E, 7.000 UI; Cálcio 270-297 g.

934 <sup>3</sup> Suplemento mineral Suinvet<sup>®</sup> (VetBras Ind. e Com. de Prod. Agrop. Ltda., Montes Claros, MG, Brasil). Níveis de garantia

935 por quilograma do produto: Ácido Fólico, 7 mg; Cálcio, 192-228 g; Cobalto, 95 mg; Cobre, 220 mg; Colina, 5.000 mg;

936 Ferro, 12 g; Iodo, 35 mg; Manganês, 800 mg; Metionina, 10 g; Selênio, 15 mg; Zinco, 7.000 mg; Vit. A, 500.000 UI; Vit.

937 B1, 1.200 mg; Vit. B2, 2.000 mg; Vit. B6, 1.300 mg; Vit. D, 100.000 UI; Vit. K, 600 mg; Ácido Pantotênico, 2.500 mg;

938 Niacina, 3.000 mg.

939

940

**Tabela 2.** Parâmetros de qualidade da água em larvicultura de pitu *Macrobrachium carcinus* com uso de diferentes sistemas de cultivo

Parâmetros	Sistemas de cultivo*			
	AV	AC	BFT	SFD
Temperatura (°C) <sup>A</sup>	30,3 ± 0,80 (28,9 – 31,9)	30,9 ± 0,62 (29,2 – 32,0)	30,2 ± 0,50 (29,1 – 31,5)	30,1 ± 0,76 (28,6 – 31,7)
OD (mg L <sup>-1</sup> )	4,90 ± 0,41 (4,18 – 6,00)	4,80 ± 0,47 (4,01 – 6,11)	4,71 ± 0,44 (4,00 – 5,94)	4,97 ± 0,46 (4,02 – 6,25)
pH <sup>A</sup>	7,71 ± 0,34 (6,30 – 8,09)	7,94 ± 0,11 (7,65 – 8,11)	7,86 ± 0,19 (7,45 – 8,19)	7,93 ± 0,07 (7,65 – 8,06)
Salinidade (‰) <sup>A</sup>	20,1 ± 0,44 (19,4 – 21,2)	20,6 ± 0,88 (20,0 – 22,5)	20,9 ± 1,46 (20,0 – 23,9)	20,9 ± 1,26 (20,0 – 23,4)
Amônia total (mg N-AT L <sup>-1</sup> )	2,32 ± 1,68 b (0,05 – 5,35)	0,60 ± 0,44 a (0,05 – 1,85)	1,90 ± 1,24 b (0,15 – 3,95)	0,49 ± 0,38 a (0,06 – 1,40)
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	3,53 ± 3,53 c (0,00 – 10,84)	2,41 ± 1,98 b (0,00 – 5,60)	0,25 ± 0,24 a (0,01 – 1,16)	0,23 ± 0,22 a (0,01 – 0,65)
Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	18,2 ± 12,9 c (2,2 – 39,1)	9,5 ± 4,7 ab (1,8 – 14,4)	10,8 ± 3,0 b (5,2 – 16,1)	9,0 ± 1,5 a (7,4 – 12,8)
Ortofosfato (mg PO <sub>4</sub> L <sup>-1</sup> )	14,7 ± 9,1 b (4,7 – 38,6)	4,9 ± 1,9 a (1,9 – 7,4)	11,3 ± 3,5 b (6,9 – 16,4)	5,0 ± 1,5 a (2,7 – 7,5)
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	55,7 ± 22,8 a (24,0 – 86,0)	82,3 ± 11,1 b (68,0 – 96,0)	167,5 ± 57,7 c (80,0 – 248,0)	72,7 ± 15,1 b (52,0 – 96,0)
SST (mg L <sup>-1</sup> )	122,1 ± 52,9 a (45,7 – 216,5)	113,5 ± 50,0 a (55,6 – 235,1)	341,7 ± 175,2 b (156,8 – 650,7)	140,1 ± 45,0 a (75,0 – 194,7)
DQO (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>B</sup>	440,8 ± 12,0 a (412,7 – 453,4)	446,4 ± 12,5 ab (430,4 – 460,9)	455,2 ± 5,7 b (447,6 – 467,1)	441,9 ± 14,4 a (415,6 – 461,0)
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	9,7 ± 2,3 a (6,0 – 12,6)	8,8 ± 1,0 a (7,2 – 9,8)	18,4 ± 3,3 b (15,5 – 24,1)	10,1 ± 2,5 a (6,0 – 13,0)
Clorofila- <i>a</i> (µg L <sup>-1</sup> )	58,6 ± 31,9 c (13,9 – 96,5)	1,2 ± 0,9 a (0,0 – 2,8)	15,1 ± 12,4 b (2,5 – 35,3)	1,1 ± 0,8 a (0,0 – 2,2)

\*Os valores são apresentados como médias ± desvio padrão, originados de três replicas. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias de Tukey. AV – *Água Verde*; AC – *Água Clara*; BFT – *Bioflocos*; SFD – *Biofiltro*.

<sup>A</sup>Parâmetros analisados estatisticamente pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ ).

<sup>B</sup>Diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias de Duncan.

**Tabela 3.** Desempenho das larvas de pitu *M. carcinus* em larvicultura experimental utilizando diferentes sistemas de cultivo, durante 36 dias.

Parâmetros	Sistemas de cultivo*			
	AV	AC	BFT	SFD
Produção média final <sup>A</sup>				
Larvas (larva L <sup>-1</sup> )	0,9 ± 0,6 b	1,1 ± 0,4 b	0,1 ± 0,2 a	12,3 ± 2,2 c
PL (PL L <sup>-1</sup> )	1,3 ± 1,1 a	5,6 ± 2,0 ab	8,4 ± 3,5 b	2,8 ± 1,2 a
Peso médio final				
Larvas (mg)	9,0 ± 1,0 a	9,1 ± 0,3 a	9,0 ± 0,0 a	7,6 ± 1,2 a
PL (mg)	11,4 ± 1,8 a	10,6 ± 2,2 a	13,0 ± 2,6 b	12,8 ± 1,8 b
Comprimento total das PL (mm)	8,4 ± 0,4 a	8,7 ± 0,7 a	8,7 ± 0,7 a	8,5 ± 0,5 a
Tempo de 1ª PL (dias)	29,0 ± 2,0 ab	28,0 ± 2,6 ab	25,0 ± 1,0 a	30,0 ± 1,0 b
Sobrevivência média (%) <sup>B</sup>	35,3 ± 23,7 bc	28,8 ± 14,2 ab	14,9 ± 16,9 a	57,1 ± 13,9 c
Biomassa final (mg) <sup>C</sup>	224 ± 118 a	692 ± 181 ab	1.097 ± 455 b	1.291 ± 171 b
Taxa de metamorfose (%) <sup>D</sup>	5,2 ± 4,2 a	22,5 ± 8,0 ab	33,7 ± 13,8 b	11,2 ± 4,6 a
Larvas sem metamorfose (%) <sup>E</sup>	42,5 ± 33,8 bc	17,2 ± 10,1 b	0,9 ± 1,5 a	81,0 ± 9,4 c

\*Os valores são apresentados como médias ± desvio padrão, originados de três replicas. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias de Tukey. AV – *Água Verde*; AC – *Água Clara*; BFT – *Bioflocos*; SFD – *Biofiltro*.

<sup>A</sup>Número final de larvas ou pós-larvas (PL) produzidas por litro;

<sup>B</sup>Média entre as três fases de cultivo;

<sup>C</sup>Biomassa final = (número final de larvas x peso médio das larvas) + (número final de PL x peso médio das PL);

<sup>D</sup>Taxa metamorfose = (número final de PL/número de larvas estocadas) x 100;

<sup>E</sup>Larvas sem metamorfose = (número final de larvas/número total final) x 100.

## Figuras

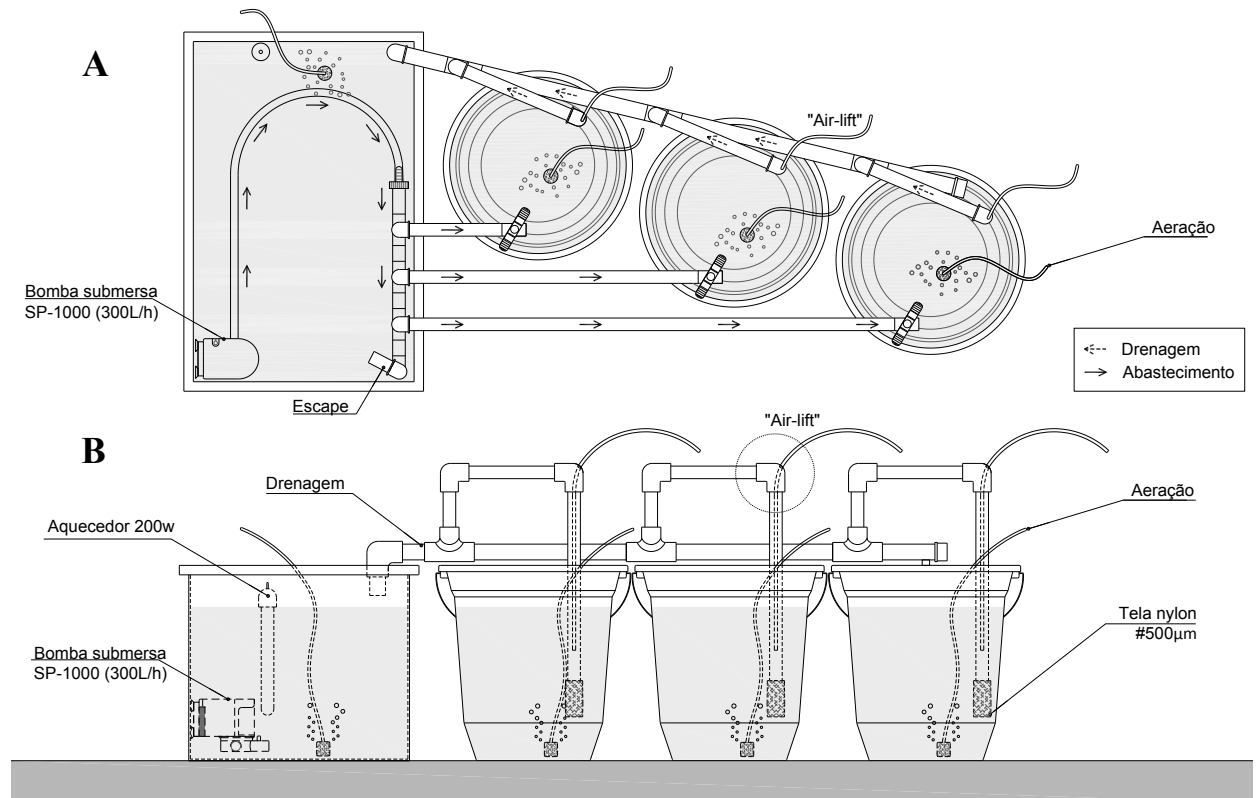


Fig. 1. Configuração básica, panorama superior (A) e frontal (B), utilizada nos sistemas experimentais para o cultivo das larvas de pitu *Macrobrachium carcinus* – caixa reservatório (50 litros) e unidades experimentais (10 litros), interligadas com circulação de água por “air-lift” e bomba submersa.

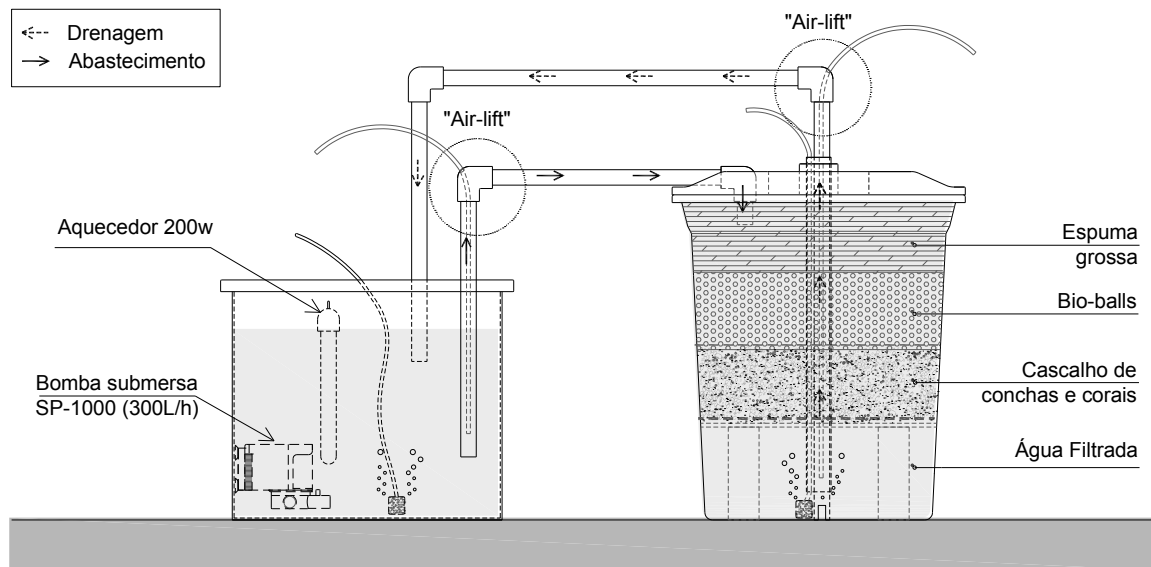


Fig. 2. Filtro biológico tipo “Dry-Wet”, com substrato de cascalho de concha e corais, utilizado no sistema fechado dinâmico – SFD.

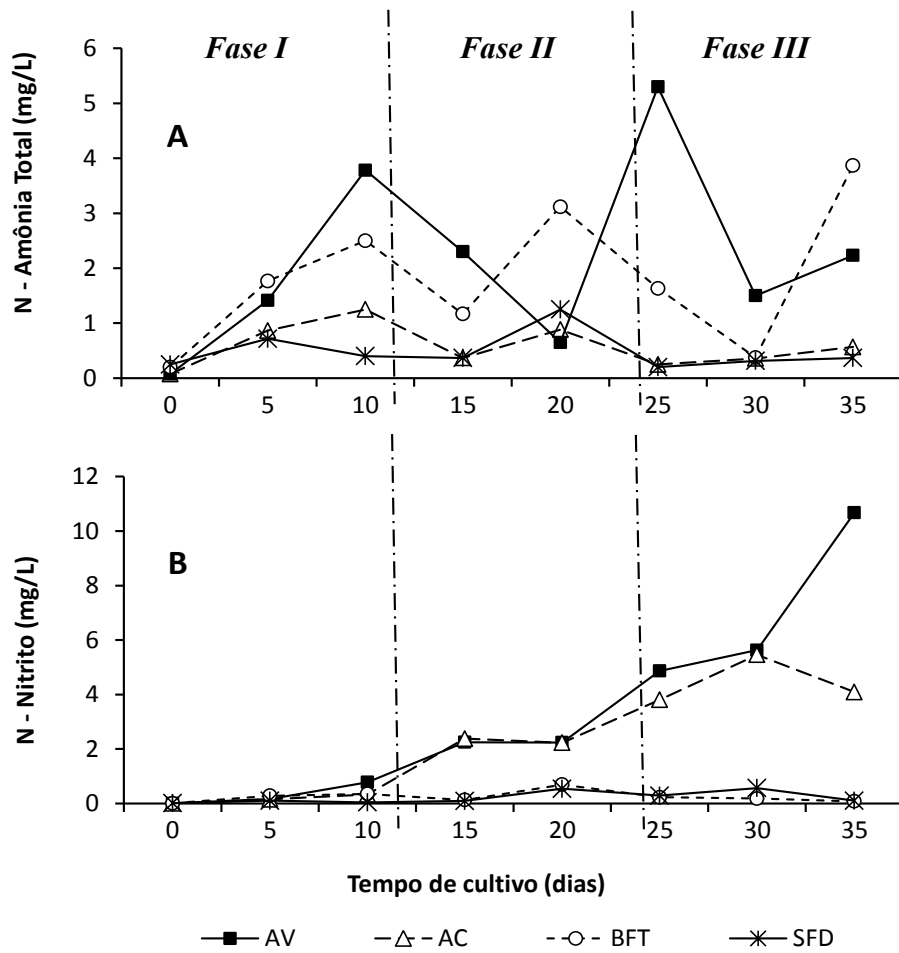


Fig. 3. Variação média das concentrações de N-amônia total (A) e N-nitrito (B) ao longo de 36 dias de larvicultura do pitu *Macrobrachium carcinus* utilizando diferentes sistemas de cultivo. AV – *Água Verde*, AC – *Água Clara*; BFT – *Bioflocos*; SFD – *Biofiltro*.

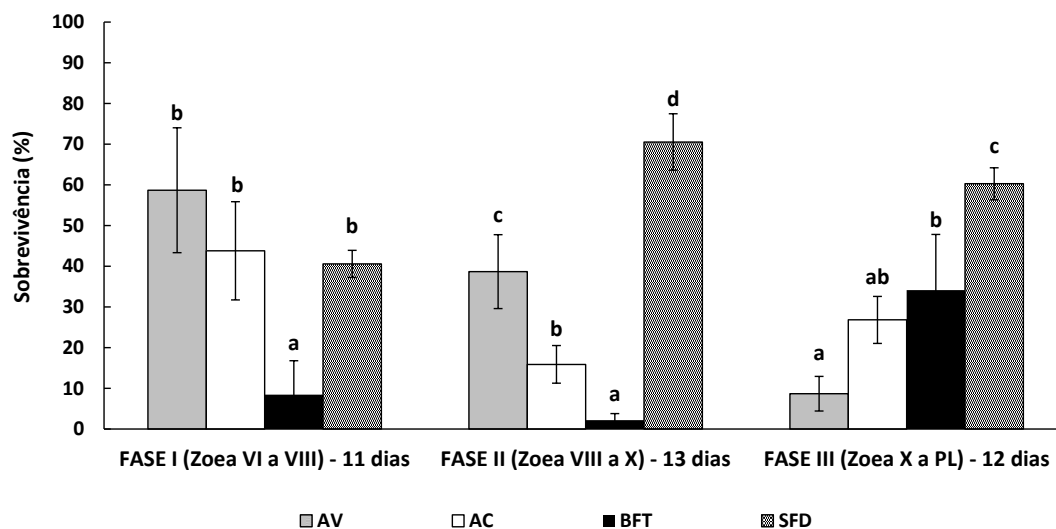


Fig. 4. Sobrevivência das larvas de pitu *Macrobrachium carcinus* criadas durante 36 dias em diferentes sistemas de cultivo. Barras com letras diferentes na mesma fase indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias de Tukey. AV – *Água Verde*, AC – *Água Clara*; BFT – *Biofoco*; SFD – *Biofiltro*.

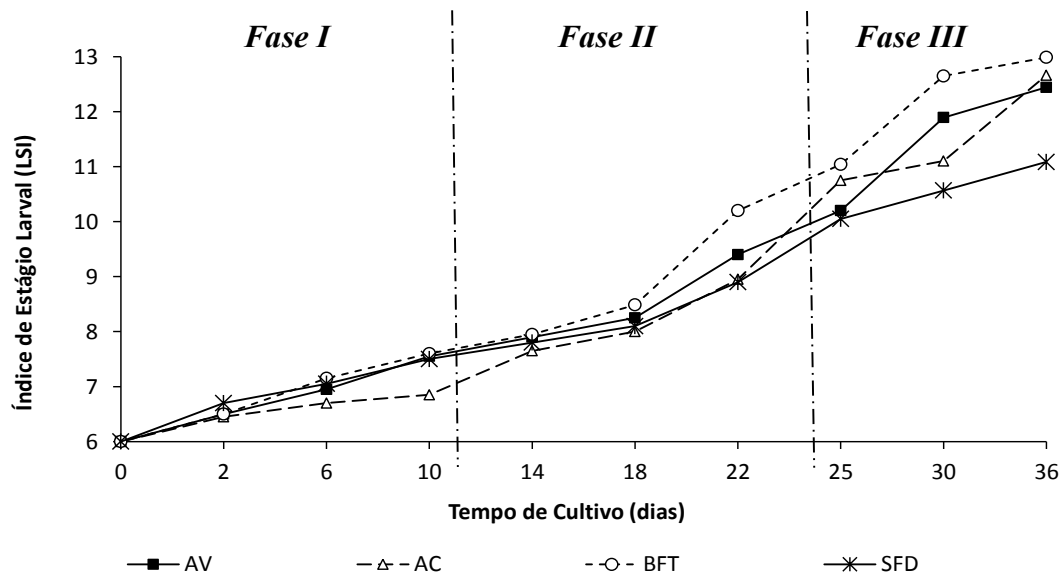


Fig. 5. Índice de desenvolvimento larval (LSI) do pitu *Macrobrachium carcinus* durante 36 dias de larvicultura com diferentes sistemas de cultivo. AV – *Água Verde*, AC – *Água Clara*; BFT – *Bioflocos*; SFD – *Biofiltro*.

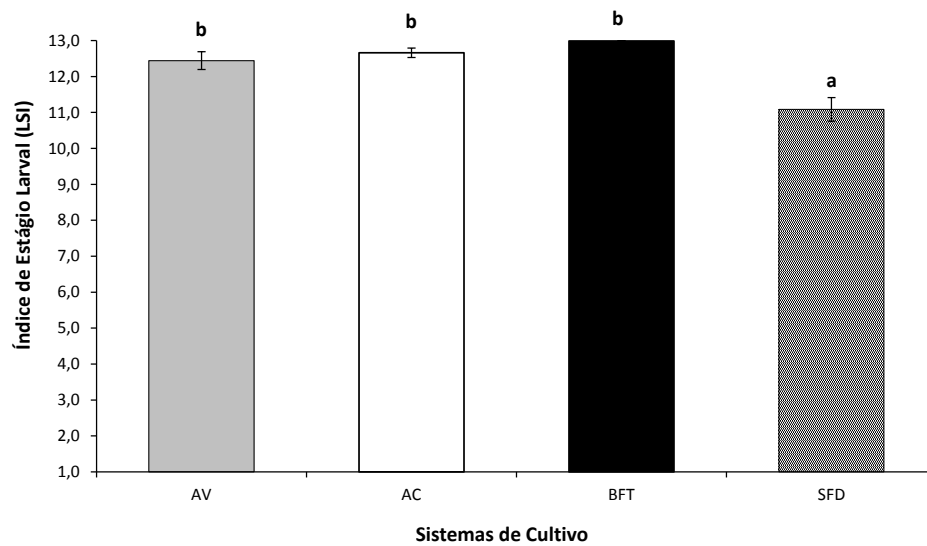


Fig. 6. Índice de desenvolvimento larval (LSI) do pitu *Macrobrachium carcinus* ao final do cultivo. Barras com letras diferentes na mesma fase indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias de Tukey. AV – *Água Verde*, AC – *Água Clara*; BFT – *Biofloco*; SFD – *Biofiltro*.

## ANEXO 2 – Normas da Revista



# AQUACULTURAL ENGINEERING

Site: <http://www.elsevier.com/aquacultural-engineering>  
ISSN 0144-8609

### Normas

#### **Types of paper**

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Short communications

Aquacultural Engineering has no page charges.

#### **BEFORE YOU BEGIN**

##### **Ethics in publishing**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

##### **Policy and ethics**

The work described in your article must have been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for animal experiments <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s23000.htm>; Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals <http://www.nejm.org/general/text/requirements/1.htm>. This must be stated at an appropriate point in the article.

##### **Conflict of interest**

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: [http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/286/p/7923](http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923).

##### **Submission declaration and verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

##### **Contributors**

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

##### **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

#### **Copyright**

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

#### *For Subscription articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

#### *For Open Access articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

#### **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>. Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

#### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

#### **Funding body agreements and policies**

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

#### **Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

##### **Open Access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

##### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

**Creative Commons Attribution (CC BY):** lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as

endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is \$3300, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

#### **Language Services**

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review.

Authors who require information about language editing and copy editing services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

#### **Submission**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/aque/>

#### **Referees**

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of three potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

Authors should contact the potential reviewers before suggesting to make sure the reviewers are willing to review their manuscript.

The review process is an important part of the overall publication process. It is unreasonable for authors to submit manuscripts to this journal if they are not willing to review other author's manuscripts for this journal. In keeping with other societies and journals (reference to articles on this issue), Aquacultural Engineering strongly encourages the authors to agree to review three future manuscripts of the journal for each manuscript they submit to the journal. For senior authors, we encourage use of junior faculty and grad students to reduce the time requirement for these reviews.

A refusal to abide by this requirement will result in rejection of future manuscripts without review.

Please include the corresponding author details (highlighted in bold) text in section Preparation of Manuscripts 2. Manuscripts in general should be organized in the following order: under Corresponding author field - Clearly indicate who is willing to handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.

#### **Use of Word Processing Software**

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Please do not add line numbers in the manuscript file. The system will automatically generate the PDF along with line number.

### **Article structure**

#### *Subdivision - numbered sections*

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### *Material and methods*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### *Theory/calculation*

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

#### *Results*

Results should be clear and concise.

#### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

#### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

#### *Vitae*

Include in the manuscript a short (maximum 100 words) biography of each author, along with a passport-type photograph accompanying the other figures.

### **Essential title page information**

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### **Graphical abstract**

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the

online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

#### **Highlights**

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

#### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

#### **Abbreviations**

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

#### **Acknowledgements**

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

#### **Nomenclature and Units**

SI units should be used.

#### **Database linking**

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers one-click access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research.

Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

#### **Math formulae**

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

#### **Footnotes**

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

#### **Artwork**

##### *Electronic artwork*

##### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

*Formats*

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

**Please do not:**

- Insert the figures and tables in between the text. Please provide each figure and table as a separate file;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

*Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure titles may be placed directly on the figures provided for peer review. This is for the reviewer's convenience and these titles must be removed from the figures submitted with the accepted manuscript.

**Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

Do not insert the tables in between the text. Please provide each table as a separate file.

**References**

*Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

*Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

*Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

If a URL must be divided between two lines, break it only after a slash; do not introduce a hyphen at the break or allow your word-processing program to do so.

*Examples:*

DOE, 1994. Handbook of Methods for the Analysis of the Various Parameters of the Carbon Dioxide System in Sea Water, Version 2, Dickson, A.G. and Goyet, C. (Eds.), ORNL/CDIAC-74, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee. 1 Nov. 2009 <<http://cdiac.ornl.gov/oceans/handbook.html>>.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 15 Nov. 2009 <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm)>.

Lewis, E., Wallace D.W.R. 1998. Program Developed for CO<sub>2</sub> System Calculations. ORNL/CDIAC-105. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee. 15 Nov. 2009 <<http://cdiac.ornl.gov/oceans/co2rprt.html>>.

#### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

#### *Reference management software*

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

#### *Reference formatting*

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

#### *Reference style*

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ....'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

#### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations:

<http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>.

#### *Video data*

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the

electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

#### **AudioSlides**

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

#### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

#### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes. For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

#### **AFTER ACCEPTANCE**

##### **Use of the Digital Object Identifier**

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

##### **Online proof correction**

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our ProofCentral system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster

and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately - please upload all of your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

#### **Offprints**

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail or, alternatively, 25 free paper offprints. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. For an extra charge, more paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>).

Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).

#### **AUTHOR INQUIRIES**

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>