

Universidade Estadual Paulista
Centro de Aqüicultura (CAUNESP)
Campus de Jaboticabal

**Efeitos da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do
camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum***

Mariana Cutolo de Araujo

Orientador: Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti

Tese apresentada ao Centro de Aqüicultura
da UNESP, como parte das exigências para a
obtenção do título de **Doutor** em Aqüicultura
em Águas Continentais

JABOTICABAL – SP
Fevereiro - 2005

Lição da Borboleta

“Um dia uma pequena abertura apareceu em um casulo; um homem sentou e observou a borboleta por várias horas, ela se esforçava para fazer com que seu corpo passasse através daquele pequeno buraco. Então pareceu que ela havia parado de fazer qualquer progresso.

Então o homem decidiu ajudar a borboleta: ele pegou uma tesoura e cortou o restante do casulo. A borboleta então saiu facilmente. Mas seu corpo murcho e pequeno tinha as asas amassadas. O homem continuou a observar a borboleta porque ele esperava que, a qualquer momento, as asas dela se abrissem e esticassem para serem capazes de suportar o corpo que iria se afirmar com o tempo.

Nada aconteceu! Na verdade, a borboleta passou a resto de sua vida rastejando com o corpo murcho e asas encolhidas. Ela nunca foi capaz de voar. O que o homem, em sua gentileza e vontade de ajudar não compreendia, era que o casulo apertado e o esforço necessário à borboleta para passar através da pequena abertura era o modo com que o fluido do corpo passasse para as suas asas, de modo que ela estaria pronta para voar uma vez que estivesse livre do casulo.

Algumas vezes, o esforço é justamente o que precisamos em nossa vida.

Se Deus nos permitisse passar através das nossas vidas sem qualquer obstáculo, ele nos deixaria aleijados.

Nós não iríamos ser tão fortes como poderíamos ter sido.

Eu pedi Força...e recebi Dificuldades para me fazer Forte.

Eu pedi Sabedoria...e recebi Problemas para Resolver.

Eu pedi Prosperidade....e recebi Cérebro e Músculos para Trabalhar.

Eu pedi Coragem....e recebi Perigo para Superar.

Eu pedi Amor...e recebi pessoas com Problemas para Ajudar.

Eu pedi Favores...e recebi Oportunidades.

Eu não recebi nada do que pedi...mas eu recebi tudo de que precisava.”

*Aos meus pais, Erotides e Pedro,
aos meus irmãos, Pedro e Luiz e
à minha afilhada, Júlia,
pelo amor e otimismo*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti pela orientação e atenção, e pela demonstração de exemplo de competência, além da contribuição durante a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros pelo auxílio valioso com as análises estatísticas.

A Profa. Dra. Irene Bastos Franceschini Vicentini, Profa. Dra. Maria Célia Portella, Dra. Helenice Pereira de Barros, Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato e Dr. Hércio de Almeida Marques pelas sugestões e críticas dadas aos manuscritos deste trabalho.

A Profa. Dra. Teresinha de J. D. Rodrigues pelo empréstimo do fotômetro durante o experimento com intensidades luminosas.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo incentivo a pesquisa e pela bolsa concedida.

Ao Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista (CAUNESP) pela infraestrutura e apoio cedidos para realização dos experimentos.

Aos colegas do Setor de Carcinicultura do CAUNESP, Alessandra G. Messias, Bruno L. Preto, Cristiana Maciel, Erlei C. Keppeer, Fabio Kiyohara, Gustavo M. Pizzato, Janaína M. Kimpara, Julio Marques Junior, Karina Ribeiro, Liliam H. Rego, Luciene Papa, Marcel J. M. dos Santos, Michelle P. Vetorelli, Peter Kirschnik, Priscila A. de Moraes, Patrícia M. C. Riodades, Virginia M. C. Henriques e ex-colegas do setor, Helenice P. Barros, Luciane Sperandio e Margarete Mallasen pela amizade, apoio e convívio.

Aos funcionários do CAUNESP, principalmente aos companheiros Valdecir Fernandes de Lima e José Roberto Polachini pela amizade e apoio no experimento, principalmente na análise dos

parâmetros da qualidade da água e a Veralice Cappatto por ter sempre me atendido com toda paciência possível e pela sua amizade e carinho.

À minha família pelo incentivo e grande exemplo que são, onde posso me espelhar, pelo carinho e amor demonstrados por todos estes anos e por serem minha luz.

Aos meus grandes amigos, Karina Ribeiro e Nilton M. Ishikawa, por terem se envolvido no meu trabalho e pelo amor, carinho, paciência, força, otimismo e fidelidade.

Aos meus amigos “Caunespianos”, Alessandra G. Messias, Adriana Muñoz, Adriano Gonçalves, Ana Eliza B. Leonardo, Antonio Gervásio Leonardo, Antonio Francisco da Silva, Camilo Prieto, Camilo Guerreiro, Daniela T. Nomura, Denise C. Verreschi, Eduardo M. Onaka, Fabiana Pilarski, Fabiana Bozzo, Fabiana Garcia, Fabio Kiyohara, Flávio D. Gonçalves, Jaime Fenerick, Juliana Schober, Maria Isabel Mataqueiro, Michelle P. Vetorelli, Raquel M. Santeiro, Rodrigo Y. Fujimoto, Rosangela K. Jomori e Verônica Bahia pelo grande carinho, força e otimismo nesses anos.

Aos que deixei de agradecer...não foi ingratidão, perdoem-me e se sintam reconhecidos, muito obrigada!!

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DAS TABELAS	viii
LISTA DAS FIGURAS	ix
ABSTRACT	1
RESUMO	2
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL	3
REFERÊNCIAS.....	8
CAPÍTULO II - EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES SOB LARVAS DE <i>Macrobrachium amazonicum</i>	12
ABSTRACT.....	12
RESUMO.....	13
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS.....	18
DISCUSSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO III- EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA E NO DESENVOLVIMENTO LARVAL DO CAMARÃO-DA- AMAZÔNIA, <i>Macrobrachium amazonicum</i>	29
ABSTRACT.....	29
RESUMO.....	30
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS.....	35
DISCUSSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO IV - ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DO CAMARÃO-DA- AMAZÔNIA, <i>Macrobrachium amazonicum</i>	45
ABSTRACT.....	45
RESUMO.....	46
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS.....	53
DISCUSSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	60

Continuação

SUMÁRIO

	PÁGINA
CAPÍTULO V - DESENVOLVIMENTO LARVAL DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, <i>Macrobrachium amazonicum</i>, SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES ALIMENTARES.....	65
ABSTRACT.....	65
RESUMO.....	66
INTRODUÇÃO.....	67
MATERIAL E MÉTODOS.....	69
RESULTADOS.....	72
DISCUSSÃO.....	77
REFERÊNCIAS.....	82
CONCLUSÕES GERAIS.....	87

LISTA DAS TABELAS

	PÁGINA
CAPÍTULO II - EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES SOB LARVAS DE <i>Macrobrachium amazonicum</i>	
Tabela 1. Porcentagem de larvas de <i>M. amazonicum</i> que morreram em determinado estágio nas salinidades testadas.....	20
CAPÍTULO IV- ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, <i>Macrobrachium amazonicum</i>	
Tabela 1. Valores médios (\pm dp) da taxa de sobrevivência e do peso seco das larvas de <i>M. amazonicum</i> no estágio IV alimentadas a partir de diferentes estágios de zoeas. Médias com letras diferentes representam diferença entre si.....	54

LISTA DAS FIGURAS

PÁGINA

CAPÍTULO II - EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES SOB LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum*

Figura 1. Valores médios (\pm dp) da longevidade de larvas de *M. amazonicum* em amplo espectro de salinidade, salinidades médio-baixas e salinidades baixas * = diferença estatística entre tratamentos; ns = não significativo estatisticamente (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).....

19

CAPÍTULO III - EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA E NO DESENVOLVIMENTO LARVAL DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

Figura 1. Efeito da luminosidade de cultivo na produção de pós-larvas de *M. amazonicum*. Médias (\pm dp) obtidas de três tanques em cada luminosidade. ns = sem diferença significativa (ANAVA, Tukey, $p > 0,05$) Médias com ao menos uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).....

36

Figura 2. Efeito da luminosidade do ambiente na evolução do Índice de Estágio Larval (IEL) de *M. amazonicum*.....

37

CAPÍTULO IV - ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

Figura 1. Frequência de aceitação de dieta inerte no tubo digestivo de *M. amazonicum* em função dos estágios larvais. Ausência = estômago e intestino vazios; Presença = estômago e/ou intestino parcialmente ou totalmente cheios.....

54

Figura 2. Incidência alimentar (IA) no tubo digestivo de larvas de *M. amazonicum* em relação a alimento inerte ou náuplios de *Artemia*, em função do estágio de desenvolvimento larval.....

55

CAPÍTULO V - DESENVOLVIMENTO LARVAL DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*, SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES ALIMENTARES

Figura 1. Incidência alimentar (IA %) de náuplios de *Artemia* e dieta inerte no tubo digestivo de larvas de *M. amazonicum* nos estágios larvais sob diferentes regimes alimentares. As áreas delimitadas indicam diferença significativa em um mesmo estágio (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).....

74

Figura 2. Índice de estágio larval nos regimes alimentares durante a larvicultura de *M. amazonicum*.....

75

Figura 3. Valores médios (\pm dp) de produção de pós-larvas de *M. amazonicum* cultivadas com diferentes regimes alimentares. ns = diferença não significativa. (ANAVA, Tukey, $p > 0,05$); * = diferença significativa (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).....

76

ABSTRACT

The present thesis studied *Macrobrachium amazonicum* larvae for determining: 1) the minimal salinity required for the survival and development of feed deprived larvae; 2) the best light intensity suitable for larval development; 3) the digestive tract content (*Artemia* nauplii and/or inert food) and the larval stage at the beginning of exogenous food ingestion; and 4) the effect of feeding regimes on the development, digestive tract content, survival, productivity and growth. The results showed that these larvae do not survive in freshwater, but the development can be completed in low salinity (1‰). Mean light intensity of $7.8 \pm 2.5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (about 390 ± 125 lux) improves *M. amazonicum* larval development, productivity and weight gain. Moreover, larvae at Zoea II stage start feeding on *Artemia* nauplii and this live food is required until zoea IV. Zoea III larvae prefer *Artemia* nauplii, but accept inert food when it is the only available food. Total substitution of inert diet in place of *Artemia* nauplii from zoea V stage does not affect *M. amazonicum* larval development.

Key-words: salinity, light intensity, feeding, feeding regimes, *Macrobrachium amazonicum*, larval development

RESUMO

Os objetivos da presente tese foram determinar a salinidade mínima na qual larvas de *Macrobrachium amazonicum* não alimentadas sobrevivem e se desenvolvem, determinar a intensidade luminosa adequada ao desenvolvimento larval, investigar a incidência alimentar no tubo digestivo de larvas em relação a náuplios de *Artemia* e dieta inerte, bem como o estágio no qual se inicia a ingestão de alimento exógeno e avaliar o efeito de regimes alimentares no desenvolvimento, na incidência alimentar no tubo digestivo, na sobrevivência, na produtividade e no crescimento na larvicultura dessa espécie. Os dados demonstraram que as larvas da população estudada dessa espécie não sobrevivem em água doce. No entanto, completam seu desenvolvimento larval em salinidades baixas de até 1‰. A luminosidade $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ (aproximadamente 390 ± 125 lux) melhora o desempenho das larvas de *M. amazonicum* em termos de desenvolvimento larval, produtividade e ganho de peso. As larvas dessa espécie a partir de zoea II começam a se alimentar de náuplios de *Artemia*. As larvas para se desenvolverem precisam se alimentar de náuplios de *Artemia* do estágio II ao IV. As larvas dessa espécie no estágio III preferem náuplios de *Artemia*, mas ingerem dieta inerte muito bem se este for o único alimento disponível. A substituição total de náuplios de *Artemia* por dieta inerte a partir de zoea V não afeta negativamente o desenvolvimento larval dessa espécie.

palavras chaves: salinidade, intensidade luminosa, alimentação, regime alimentar, *Macrobrachium amazonicum*, desenvolvimento larval

Capítulo I

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de camarões de água doce do gênero *Macrobrachium* vem crescendo muito, tendo atingindo a produção mundial de 300.000 toneladas no ano de 2001 (Valenti, 2004). No Brasil, a espécie mais cultivada é *Macrobrachium. rosenbergii* (Valenti, 2004). Trata-se de espécie exótica, introduzida no Brasil há cerca de 30 anos, cujo cultivo não foge das críticas habituais devido às possibilidades de liberação acidental na natureza. Esse perigo não decorre apenas do fato desta ser uma espécie alopátrica competidora, mas também do potencial de qualquer espécie exótica em trazer microfauna e microflora associadas, cuja disseminação pela água pode ser inevitável. Por essas razões, apesar do seu grande potencial comercial, estudos com espécies nativas no Brasil devem ser incrementados.

A espécie brasileira com maior potencial para o cultivo comercial é a *Macrobrachium amazonicum* (Kutty *et al.*, 2000; Valenti, 2003). Essa espécie apresenta grande importância econômica no Norte e Nordeste do Brasil. A sua carne possui textura firme e sabor mais acentuado do que a de *M. rosenbergii* (Valenti, 2003). Em cativeiro apresenta desenvolvimento adequado com rápido crescimento e grande resistência (Valenti, 1985). As larvas apresentam alta sobrevivência e passam por nove estágios entre 20 e 25 dias (Guest, 1979).

A fase larval de *M. amazonicum* vem sendo estudada há 25 anos. As pesquisas enfocaram o desenvolvimento larval (Guest, 1979; Gamba, 1984; Pérez, 1984; Magalhães, 1985; Magalhães e Walker, 1988), salinidade e temperatura (Guest e Durocher, 1979; Mcnamara *et al.*, 1983; Moreira *et al.*, 1986; Zanders e Rodríguez, 1992), métodos de larvicultura (Barreto e Soares, 1982; Lobão *et al.*, 1987; Rojas *et al.*, 1990) e migração nictemeral (Moreira e Odinetz-Collart, 1993). Entretanto, a tecnologia para sua produção ainda se baseia na empregada para o *M. rosenbergii*, o que pode resultar em medidas nem sempre adequadas.

Essa espécie é reconhecidamente eurialina, ocorrendo de estuários até regiões bem interiores, estando distribuída da Venezuela à Argentina. As populações originárias da Amazônia Central e Ocidental são capazes de completar seu ciclo de vida em água doce, apresentando de 10 a 11 estágios larvais, são menores, possuem ovos maiores e em menor número (Gamba, 1984; Magalhães, 1985). Por outro lado, as populações desta espécie que habitam corpos d'água que drenam para a Costa Atlântica são dependentes da água salobra na fase larval. As larvas passam por nove estágios, a taxa de fertilidade é maior e os adultos possuem maior porte (Guest, 1979; Barreto e Soares, 1982; Pérez, 1984). Essas últimas populações têm maior potencial de cultivo e são as tratadas neste trabalho.

As recomendações sobre a salinidade ideal para o desenvolvimento larval de *M. amazonicum* apresentam divergências na literatura científica. Provavelmente, essas divergências estão relacionadas às diferentes metodologias empregadas. Guest e Durocher (1979) trabalhando com salinidades acima de 2,5‰, obtiveram taxas de sobrevivência maiores entre 7,5 e 12,5‰. McNamara *et al.* (1983) observaram o efeito de salinidades entre 0 e 35‰ em larvas nos estágios iniciais de desenvolvimento (I e II) não alimentadas e encontraram salinidades adequadas entre 7 e 28‰. Moreira *et al.* (1986) que verificaram a sobrevivência em larviculturas realizadas com salinidades entre 0 e 30‰, quando observaram maiores taxas entre 12 e 18‰, no entanto, estas foram alimentadas com náuplios de *Artemia*.

Os altos valores das salinidades recomendados pela maioria dos autores podem estar relacionadas à sobrevivência do alimento vivo comumente usado na larvicultura, náuplios de *Artemia*. Em salinidade baixa de 2‰, os náuplios sobrevivem no máximo 8 h (observação pessoal), resultando em baixo consumo do alimento vivo pelas larvas de *M. amazonicum* e, conseqüentemente, redução da sobrevivência. Assim, os resultados podem ter sofrido a influência da falta de alimento disponível, evidenciando a necessidade de avaliar diferentes salinidades independentes do fornecimento de alimento.

Os níveis de salinidade propostos para larviculturas de *M. amazonicum* (10 a 14‰) são relativamente altos e podem acarretar em maior custo de produção, relacionado com o transporte da água do mar para a larvicultura ou ainda, no preparo de água do mar artificial.

O sucesso da larvicultura não depende somente da salinidade. A luz é considerada um dos fatores que influenciam a alimentação, o comportamento natatório, a sobrevivência (Barros, 2001), o metabolismo, a taxa de canibalismo, a duração do ciclo, a ecdise e a metamorfose de decápodes (Gardner e Maguire, 1998).

As larvas que apresentam fototaxia positiva utilizam a luz e a gravidade para migrar para locais ricos em alimento. Barros (2001) verificou que a luz influencia o comportamento alimentar das larvas de *M. rosenbergii*, principalmente a partir do estágio VI. Antes desses estágios larvais (II ao IV), a oportunidade de encontro é o principal mecanismo para a captura do alimento. No entanto, nos estágios VIII a XI as larvas dessa espécie nadam em direção ao alimento, indicando que já possuem algum mecanismo visual (Barros e Valenti, 1997).

A adequação da intensidade luminosa na larvicultura pode resultar em menor custo de produção, por meio do aumento da produtividade e redução do ciclo larval e, conseqüentemente, diminuir o custo com alimento e mão de obra (Correia *et al.*, 2000). O segundo objetivo do trabalho foi determinar a intensidade luminosa adequada ao desenvolvimento larval do *M. amazonicum*.

Outra variável importante é a alimentação. A adequação do regime alimentar é um dos fatores cruciais à larvicultura de crustáceos, visando diminuir o desperdício e manter a qualidade da água. Para determinação de um manejo alimentar adequado, é preciso conhecer o comportamento alimentar de cada organismo (Loya-Javellana, 1989; Sorgeloos e Léger, 1992; Lavens *et al.*, 2000). Deve-se considerar, ainda, que as larvas de camarões de água doce passam por diferentes estágios de desenvolvimento, com conseqüentes mudanças nas necessidades nutricionais, fisiológicas e

comportamentais ao longo do ciclo (Loya-Javellana, 1989; Sorgeloos e Léger, 1992; Lavens *et al.*, 2000).

A estratégia alimentar mais utilizada na larvicultura de camarão de água doce consiste no fornecimento de náuplios de *Artemia* durante todo o ciclo larval e, a partir de determinado estágio, complementação com dieta inerte. Os náuplios de *Artemia* apresentam conveniente manejo, tamanho adequado e alta concentração de aminoácidos livres e nutrientes essenciais às larvas predadoras (Lavens *et al.*, 2000). No entanto, alguns problemas com cistos de *Artemia* podem ocorrer, tais como variação na composição nutricional, introdução de patógenos no sistema de cultivo e altos custos com aquisição dos cistos e com mão de obra na preparação dos cistos e náuplios (Kovalenko *et al.*, 2002). Assim, a complementação nutricional ou substituição total com dietas inertes ou outro alimento vivo é vista como alternativa importante (Lavens *et al.*, 2000; Kovalenko *et al.*, 2002; Barros e Valenti, 2003). Além disso, alguns autores acreditam que os náuplios de *Artemia* não suprem as necessidades nutricionais das larvas de *M. rosenbergii* nos últimos estágios (Daniels *et al.*, 1992; Valenti *et al.*, 1998 e Barros e Valenti, 2003).

O primeiro passo para se encontrar um regime alimentar adequado do ponto de vista prático e econômico é buscar informações sobre o hábito alimentar das larvas ao longo do ciclo (Barros e Valenti, 2003). Nesse trabalho, inicialmente, verificou-se o estágio inicial que as larvas se alimentam de náuplios de *Artemia* e de dieta inerte. Posteriormente, fornecendo esses dois alimentos, observou-se a frequência de ingestão de cada item alimentar. Com base nesses dados, foi possível avaliar a aceitação dos alimentos e o desenvolvimento larval em diferentes regimes alimentares.

Os objetivos desse trabalho foram: 1) avaliar o efeito da salinidade na sobrevivência e no desenvolvimento das larvas, 2) avaliar o efeito de diferentes intensidades luminosas sob os parâmetros produtivos, 3) determinar o estágio inicial que as larvas se alimentam de náuplios de *Artemia* e de dieta inerte, 4) avaliar a incidência alimentar de dieta inerte e náuplios de *Artemia* nos

estágios larvais e, 5) avaliar a ingestão de alimento vivo e inerte, além do desenvolvimento larval em diferentes regimes alimentares. O primeiro objetivo foi focado no capítulo II, o objetivo 2 foi desenvolvido no capítulo III, os objetivos 3 e 4 no capítulo IV e o objetivo 5 no último capítulo.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, A.V.; SOARES, C.M.A. Produção de pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda; Palaemonidae), sob condições controladas de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 51-53, 1982.
- BARROS, H.P. **Alimentação de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval:** Efeitos da densidade de náuplios de *Artemia*, do tamanho das partículas de ração, do tipo de alimento e do fotoperíodo. 2001. 76 f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) - Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Comportamento alimentar do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval: análise quantitativa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 785-793, 1997.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. **Aquaculture**, v. 216, p. 165-176, 2003.
- CORREIA, E.S.; SUWANNATOUS, S.; NEW, M.B. Flow-through hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture:** The farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 5, p. 52-68.
- DANIELS, W.H.; D'ABRAMO, L.R.; PARSEVAL, L.D. Design and management of a closed, recirculating "clearwater" hatchery system for freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879. **Journal of Shellfish Research**, v. 11, p. 65-73, 1992.
- GAMBA, A.L. Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda: Crustacea) in Venezuelan continental lagoon. **Internatinal Journal Inververtebrate Reproduction and Development**, v. 7, p. 135-142, 1984.

GARDNER, C.; MAGUIRE, B.M. Effect of photoperiod and light intensity on survival, development and cannibalism of larvae of the Australian giant *Pseudocarcinus gigas* (Lamarck). **Aquaculture**, v. 165, p. 51-63, 1998.

GUEST, W.C. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 37, n. 2, p. 141-152, 1979.

GUEST, W.C.; DUROCHER, P.P. Palaemonid shrimp, *Macrobrachium amazonicum*: Effects of salinity and temperature on survival. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 41, n. 1, p. 14-18, 1979.

KOVALENKO, E.E.; D'ABRAMO, L.R.; OHS, C.L.; BUDDINGTON, R.K. A successful microbound diet for the larval culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 210, p. 385-395, 2002.

KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. Culture of other prawn species. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 21, p. 393-410.

LAVENS, P.; THONGROD S.; SORGELOOS, P. Larval prawn feeds and the dietary importance of *Artemia*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 7, p. 91-110.

LOBÃO, V.L.; ROJAS, N.E.T.; BARROS, H.P.; LACE, M.; HORIKAWA, M.T.; LULA, L.A.B.M. Determinação de densidade adequadas para a larvicultura de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Boletim Instituto de Pesca**, v.14, p. 45-49, 1987.

LOYA-JAVELLANA, G. Ingestion saturation and growth responses of *Penaeus monodon* larvae to food density. **Aquaculture**, v. 81, p. 329-336, 1989.

MAGALHÃES, C. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da região Amazônica. I. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea; Decapoda). **Amazoniana**, v. 9, n. 2, p. 247-274, 1985.

MAGALHÃES, C.; WALKER, I. Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimp (Decapoda, Caridea). **Crustaceana**, v. 55, n. 3, p.279-292, 1988.

MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, G.S.; MOREIRA, P.S. The effect of on respiratory metabolism, survival and moulting in first zoea of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea; Decapoda). **Hydrobiologia**, v. 101, p. 239-242, 1983.

MOREIRA, G.S.; MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, P.S. The effect of salinity on upper thermal limits of survival and metamorphosis during larval development in *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 50, n. 3, p. 231-238, 1986.

MOREIRA, L.C.; ODINETZ-COLLART, O. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago na Amazônia Central, Ilha do Careiro, Brasil. **Amazoniana**, v. 12, n. 3/4, 385-398, 1993.

PÉREZ, L.A.V. **Desenvolvimento larval de *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1839), *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) e *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em laboratório.** 1984. 277 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

ROJAS, N.E.T.; LOBÃO, V.L.; BARROS, H.P. Métodos de manutenção de larvas de *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 17, p. 15-26, 1990.

SORGELOOS, P.; LÉGER, PH. Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 23, p. 251-264, 1992.

VALENTI, W.C. **Cultivo de camarões de água doce**. 2^a ed. São Paulo: Nobel. 1985. 82p.

VALENTI, W.C.; MALLASEN, M.; SILVA, C.A. Larvicultura em sistema fechado dinâmico. In: VALENTI, W.C. **Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia Para a Produção de Camarões**. Brasília: IBAMA-FAPESP, 1998. cap. 6, p. 115-143.

VALENTI, W.C. Camarão de Água Doce como agronegócio. In: Aqua Ciência 2004, 1., 2004, Vitória,. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática (Aquabio), 2004. p. 52.

ZANDERS, I.P.; RODRÍGUEZ, J.M. Effects of temperature and salinity stress on osmoionic regulation in adults and on oxygen consumption in larvae and adults of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea; Decapoda). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 101A, n. 3, p. 505-509, 1992.

Capítulo II

EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES SOB LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum*

ABSTRACT

Longevity of *Macrobrachium amazonicum* larvae in low salinities is an important issue to be investigated for cultivating this species in the countryside. But when *M. amazonicum* is fed on live food, *Artemia* nauplii, the assessment of *M. amazonicum* longevity may be impaired because this live food may not resist low salinities. In this way, the present study investigates the minimal salinity required for adequate survival and development of *M. amazonicum* larvae under food deprivation. Survival and development were evaluated in three phases: 1) zoeas II at a wide salinity range (0, 4, 8, 12 or 15‰); 2) zoeas II and VIII at mid-low salinities (2, 3, 4, 5 or 6‰); and 3) zoeas II and VIII at low salinities (0.5, 1.0 or 1.5‰). Six trials were carried out for each treatment. The larvae were held individually in 30-mL beakers filled with 15mL of water at the respective salinity. These larvae were observed every 8h until death. Dead larvae were counted and each one identified and staged through stereomicroscopy. The survival and development in zoea II was impaired only at 0.0 and 0.5‰ salinities ($p < 0.05$). The other salinities, mid-low and low, did not decrease survival or development in zoeas II and VIII ($p > 0.05$). Besides, many individuals from zoea VIII molted until zoea IX and metamorphosed into post-larvae. In conclusion, *M. amazonicum* larvae can be cultured properly at low salinities (1‰), allowing larval cultures in the countryside.

RESUMO

A avaliação da longevidade de larvas de *Macrobrachium amazonicum* em diferentes salinidades é importante para seu cultivo em regiões interioranas. Porém, essa avaliação pode sofrer interferência quando as larvas recebem o alimento vivo, náuplios de *Artemia*, cuja sobrevivência é maior em altas salinidades. Nesse contexto, o objetivo da presente pesquisa foi determinar a salinidade mínima na qual larvas não alimentadas de *M. amazonicum* sobrevivem e se desenvolvem. A sobrevivência e o desenvolvimento das larvas foram avaliados em três etapas: 1) zoeas II mantidas em amplo espectro de salinidade (0, 4, 8, 12 e 15‰), 2) zoeas II e VIII em salinidades médio-baixas (2, 3, 4, 5 e 6‰); e 3) zoeas II e VIII em salinidades baixas (0,5, 1,0 e 1,5‰), com seis réplicas. As larvas, estocadas individualmente em béqueres de 30mL com 15mL de água nas diferentes salinidades, foram observadas a cada 8 h até a morte. As larvas mortas foram identificadas sob estereomicroscópio e quantificadas, registrando-se seu estágio de desenvolvimento. Os resultados mostraram que apenas a salinidade de 0,5‰ e água doce prejudicaram a sobrevivência e o desenvolvimento de zoeas II ($p < 0,05$). As demais salinidades, médio-baixas e baixas não afetaram negativamente a sobrevivência e o desenvolvimento de zoeas II e VIII ($p > 0,05$), e vários exemplares nesse último estágio sofreram muda para o estágio IX e se metamorfosearam em pós-larvas. Conclui-se que larvas de *M. amazonicum* podem ser cultivadas sem prejuízo em salinidades de apenas 1‰, o que facilita a instalação de larvicultura em regiões interioranas.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de camarões de água doce do gênero *Macrobrachium* está crescendo significativamente, sendo que na última década aumentou mais de 1300% (Valenti, 2004). A espécie mais cultivada no Brasil é o *Macrobrachium rosenbergii* (Valenti, 2004). Porém, como qualquer espécie exótica, sua liberação acidental na natureza pode acarretar desequilíbrios ecológicos, desestabilizando a sustentabilidade da produção de camarões de água doce no Brasil. Assim, apesar do alto potencial de cultivo do *M. rosenbergii*, estudos com espécies brasileiras devem ser desenvolvidos.

A espécie brasileira com maior potencial para o cultivo comercial é a *Macrobrachium amazonicum* (Kutty *et al.*, 2000; Valenti, 2003). Essa espécie apresenta grande importância econômica no Norte e Nordeste do Brasil. A sua carne possui textura firme e sabor mais acentuado que a de *M. rosenbergii* (Valenti, 2003). Em cativeiro apresenta desenvolvimento adequado, com rápido crescimento e grande resistência (Valenti, 1985), suas larvas apresentam alta sobrevivência e passam por nove estágios entre 20 e 25 dias (Guest, 1979).

M. amazonicum é amplamente distribuído da Venezuela à Argentina, ocorrendo em estuários e regiões interiores. Indivíduos originários da Amazônia Central e Ocidental são capazes de completarem seu ciclo de vida em água doce, porém apresentam de 10 a 11 estágios larvais, são menores, possuem ovos maiores e em menor número (Gamba, 1984; Magalhães, 1985). Por outro lado, Guest (1979), Barreto e Soares (1982) e Pérez (1984) verificaram que populações desta espécie que habitam corpos d'água que drenam para a Costa Atlântica são dependentes da água salobra na fase larval, passam por nove estágios larvais, têm maior número de ovos e atingem maior porte. Esses últimos têm maior potencial de cultivo e são estudados neste trabalho.

As recomendações sobre a salinidade ideal para o desenvolvimento larval de *M. amazonicum* apresentam divergências na literatura científica. Provavelmente, isto está relacionado

às diferentes metodologias empregadas. Guest e Durocher (1979) encontraram melhores taxas de sobrevivência entre 7,5 e 12,5‰, contudo, testaram salinidade apenas acima de 2,5‰, ignorando os efeitos abaixo desse nível, além das larvas terem sido alimentadas com náuplios de *Artemia*. McNamara *et al.* (1983) pesquisaram o efeito de níveis de salinidade de 0 a 35‰ em larvas não alimentadas e consideraram a salinidade adequada para o cultivo dessa espécie variando entre 7 e 28‰, mas este estudo foi restrito aos dois primeiros estágios larvais de *M. amazonicum*. Por outro lado, Moreira *et al.* (1986) avaliaram ampla faixa de salinidade entre 0 e 30‰ em todos os estágios e observaram maior sobrevivência entre 12 e 18‰, no entanto, as larvas foram alimentadas com náuplios de *Artemia*.

O fato de melhores resultados serem obtidos em salinidades mais elevadas pode estar relacionada à sobrevivência do alimento vivo comumente usado, náuplios de *Artemia*. Em salinidade baixa de 2‰, os náuplios sobrevivem apenas 8 h (observação pessoal), podendo resultar em redução do consumo do alimento vivo e, conseqüentemente, baixa sobrevivência de larvas de *M. amazonicum*. Assim, é importante conhecer o efeito de baixas salinidades no desenvolvimento larval dessa espécie, independente da presença do alimento vivo, cujo fornecimento pode ter influenciado os resultados. Segundo Cooper e Heinen (1991) as larvas gastam menos energia com a osmorregulação quando em ótimas salinidades. Assim, larvas em estado de inanição vivem mais em salinidades ideais.

Destacando que alguns dos experimentos citados somente avaliaram os primeiros estágios larvais. Em experimentos com larvas de camarões de água doce é preciso avaliar o máximo de estágios larvais, principalmente no início e no final do ciclo, pois as larvas passam por diferentes estágios larvais com mudanças morfofisiológicas. Além disso, o conhecimento sobre a faixa de salinidade que as larvas de *M. amazonicum* se metamorfoseiam é de extrema importância, pois nessa fase ocorrem muitas mudanças morfofisiológicas.

Quando a larvicultura é realizada em alta salinidade resulta em maior custo de produção em laboratórios situados no interior do país, uma vez que a maioria das fazendas de engorda situam-se, devido ao transporte da água do mar para a larvicultura ou, ainda, no preparo de água do mar artificial.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi determinar a salinidade mínima na qual larvas de *M. amazonicum* sobrevivem e se desenvolvem, independente do fornecimento do alimento, no começo e no final do ciclo larval.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento Geral

O trabalho foi conduzido na Universidade Estadual Paulista – UNESP, no Laboratório de Biologia de Crustáceos do CAUNESP. O delineamento foi inteiramente casualizado. O experimento foi realizado em três etapas com larvas de *M. amazonicum* no estágio inicial de zoea II e no estágio de zoea VIII. Nesse último estágio pode-se avaliar, além da sobrevivência, a taxa de metamorfose em pós-larvas. Para isso, utilizou-se o teste de inanição proposto por Cooper e Heinen (1991). Não se utilizou zoea I porque já se conhece sua alta resistência a salinidades baixas (Guest e Durocher, 1979; McNamara *et al.*, 1983; Moreira *et al.*, 1986). Na primeira etapa, verificou-se o tempo de sobrevivência de zoeas II em salinidades dentro de um amplo espectro: 0, 4, 8, 12 e 15‰. Então, zoeas II e VIII foram submetidas, na segunda etapa, às salinidades médio-baixas de 2, 3, 4, 5 e 6‰, e salinidades baixas de 0,5, 1,0 e 1,5‰ na última etapa. As salinidades foram determinadas com o aparelho multiparâmetro YSI 63. Em cada etapa foram utilizadas larvas de uma mesma desova, e em cada tratamento seis réplicas foram testadas.

Larvas e Manutenção

As larvas foram obtidas de fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* da Universidade Estadual Paulista – UNESP, do Setor de Carcinicultura do CAUNESP. Essas fêmeas pertenciam à segunda geração de animais provenientes da região costeira do Norte do Brasil e reproduzida em laboratório. A larvicultura foi realizada em dois tanques pretos retangulares (50L de água salobra, 60larvas/L) em sistema fechado de recirculação. Os tanques possuíam termostatos, aeração constante e filtros biológicos internos. O regime de luz adotado foi de 12h claro:12h escuro.

O manejo alimentar utilizado foi fornecimento de náuplios de *Artemia* por todo o ciclo larval e dieta inerte a partir do estágio V. Os parâmetros da qualidade da água, nos tanques, mantiveram-se dentro dos recomendados por Correia *et al.* (2000) para larvas de *M. rosenbergii*. Diariamente, a temperatura foi monitorada pela manhã e à tarde. Duas vezes por semana, aferiram-se os valores de pH, oxigênio dissolvido, salinidade, teor de amônia (método descrito por Solorzano, 1969) e de nitrito (método descrito por Strickland e Parsons, 1972). Considerando os dois tanques de estoque de larvas, esses parâmetros apresentaram, respectivamente, valores médios ($\pm dp$) de: temperatura = $31,5 \pm 0,5$ e $31,9 \pm 0,6^\circ C$; pH = $8,07 \pm 0,08$ e $8,10 \pm 0,04$; salinidade = $10,0 \pm 0,6$ e $10,0 \pm 0,3\text{‰}$; amônia = $55,4 \pm 7,3$ e $60,9 \pm 12,1 \mu g/L$; nitrito = $66,8 \pm 9,7$ e $62,3 \pm 10,4 \mu g/L$; e oxigênio dissolvido = $6,28 \pm 0,25$ e $6,88 \pm 0,29$ mg/L. A taxa de sobrevivência nos tanques foi de 86,1 e 85,9%, respectivamente.

As larvas foram retiradas dos tanques de larvicultura e aclimatadas à salinidade desejada, adicionando-se água do mar à água doce, ambas filtradas ($1 \mu m$). A diminuição ou o aumento gradual da salinidade foram feitos na proporção de 0,5‰ a cada 30 min para todas as condições. Após o período de aclimação, os estágios larvais foram identificados sob estereomicroscópio segundo Guest (1979). As larvas, então, foram estocadas individualmente em béqueres de 30mL com 15mL de água nas diferentes salinidades. Os béqueres foram cobertos com tela e acomodados

em banho-maria em bandejas pretas com termostatos ($30,1 \pm 0,3^\circ\text{C}$). O regime de luz foi de 12h claro:12h escuro. Os béqueres não foram supridos com aeração e as larvas não foram alimentadas. Diariamente, a água perdida por evaporação foi repostada com água doce.

As observações se iniciaram subseqüentemente à transferência das larvas para os béqueres e foram realizadas de 8 em 8 horas, às 7:00, 15:00 e 23:00h. As larvas mortas foram identificadas sob estereomicroscópio, contadas e descartadas. Em seguida, registrou-se o número de horas que viveram. O experimento foi encerrado quando todas as larvas e pós-larvas se apresentaram mortas.

Análise Estatística

Análises de variância (ANAVA) foram utilizadas para comparar a longevidade das larvas nos estágios II ou VIII nas diferentes salinidades testadas em cada etapa do experimento. Quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa computacional “Statistical Analysis System - SAS” (versão 8,02).

RESULTADOS

As larvas no estágio zoea II apresentaram longevidade significativamente menor em água doce (média de 86h) e na salinidade 0,5‰ (média de 49 h) ($p < 0,05$; Figura 1). Nos tratamentos de salinidade médio-baixa, os valores de longevidades não diferiram entre si ($p > 0,05$).

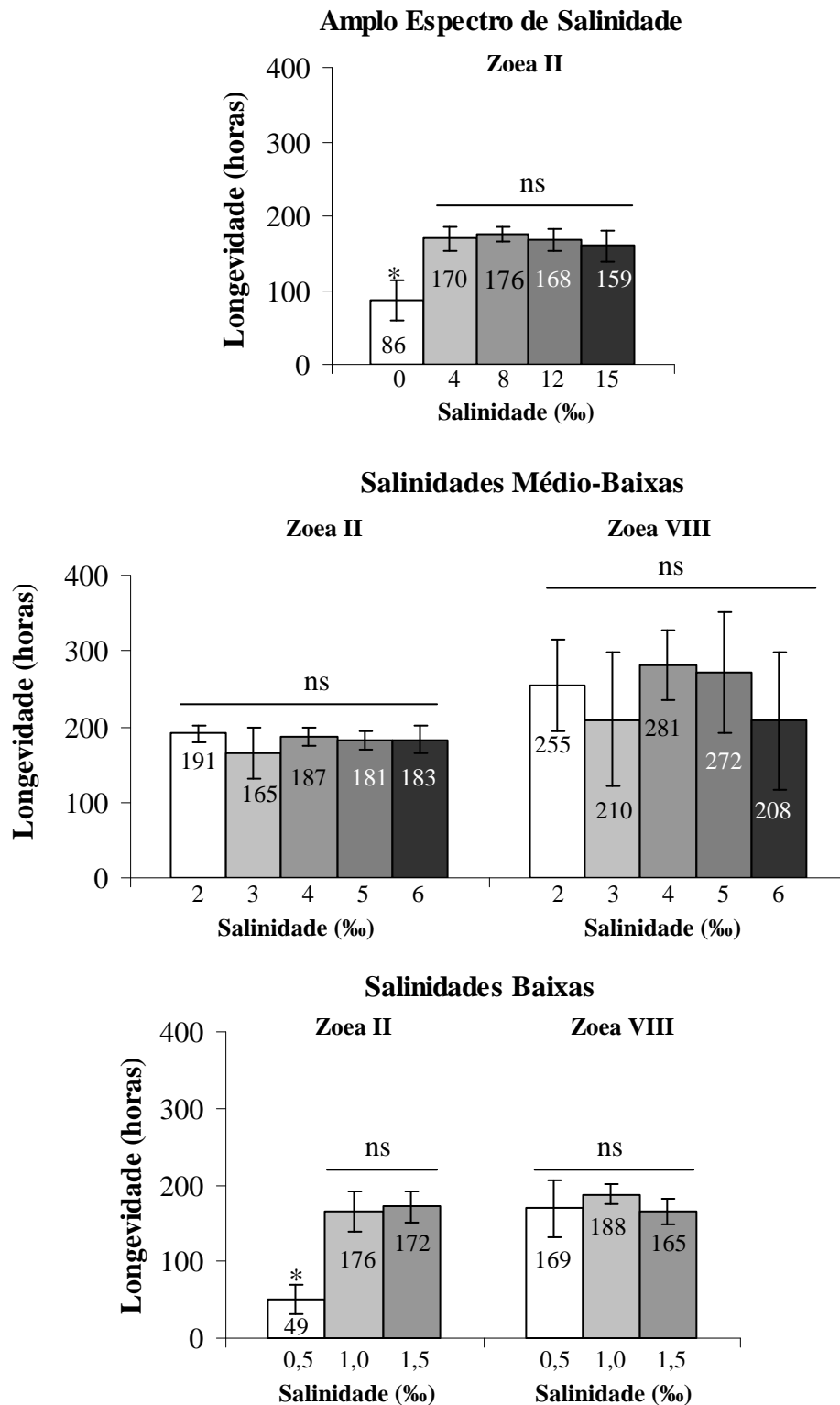


Figura 1. Valores médios (\pm dp) da longevidade de larvas de *M. amazonicum* em amplo espectro de salinidade, salinidades médio-baixas e salinidades baixas * = diferença estatística entre tratamentos; ns = não significativo estatisticamente (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).

Como mostrado na Tabela 1, as larvas mudaram de zoea II até zoea IV e V (1 a 15‰), exceto quando cultivadas em água doce ou na salinidade 0,5‰. Em água doce as larvas não passaram do estágio II e, em salinidade 0,5‰ essas somente atingiram o estágio III. Já as larvas zoea VIII mudaram para o estágio IX em todos os tratamentos e algumas se metamorfosearam em pós-larvas (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de larvas de *M. amazonicum* que morreram em determinado estágio nas salinidades testadas.

Etapas	Salinidade (‰)	Estágio de Zoea Final (%)						
		Zoea II				Zoea VIII		
		II	III	IV	V	VIII	IX	PL*
Ampla espectro de salinidade	0	100	-	-	-	-	-	-
	4	-	16,7	83,3	-	-	-	-
	8	-	-	100	-	-	-	-
	12	-	16,7	83,3	-	-	-	-
	15	-	33,3	66,7	-	-	-	-
Salinidade médio-baixa	2	-	-	100	-	-	100	-
	3	-	16,7	83,3	-	-	83,3	16,7
	4	-	16,7	83,3	-	-	50	50
	5	-	-	100	-	-	83,3	16,7
	6	-	16,7	83,3	-	-	100	-
Salinidade baixa	0,5	16,7	83,3	-	-	-	66,7	33,3
	1,0	-	16,7	66,6	16,7	-	66,7	33,3
	1,5	-	-	50	50	-	66,7	33,3

*PL = pós-larva

DISCUSSÃO

As larvas de *M. amazonicum* foram afetadas negativamente pela água doce e salinidade de 0,5‰ apresentando menor tempo de sobrevivência e indícios de prejuízos ao seu desenvolvimento. Já as zoea VIII resistiram ao baixo teor de salinidade (0,5‰) que não afetou negativamente a sobrevivência e o desenvolvimento.

As larvas de *M. amazonicum* no estágio II sobreviveram 86 e 49 horas em água doce e em salinidade baixa de 0,5‰, respectivamente. Alguns autores também encontraram resultados mostrando a baixa sobrevivência de larvas em água doce. McNamara *et al.* (1983) mostraram que larvas nos estágios I e II sobreviveram por 96 horas em água doce. Guest e Durocher (1979) e Moreira *et al.* (1986) verificaram que larvas nos estágios II e III, dessa espécie, sobreviveram 240 e 264 horas em água doce, respectivamente. Nesses dois últimos estudos, as larvas podem ter sobrevivido por mais tempo porque foram alimentadas. Cabe lembrar que as larvas do presente trabalho não receberam alimentação, demonstrando que as larvas de *M. amazonicum* sobreviveram por alguns dias em água doce, consumindo apenas sua reserva vitelínica.

O fato de zoeas II sobreviverem alguns dias em água doce, indicou que larvas nos primeiros estágios são capazes de hiperosmorregular, como larvas de *M. rosenbergii*, *Macrobrachium acanthurus* (Ismael e Moreira, 1997) e *Macrobrachium petersi* (Read, 1984). Isso pode significar vantagem para *M. amazonicum* no ambiente natural, bem como para as espécies citadas acima, pois mesmo que a desova tenha ocorrido em água doce, as larvas sobrevivem até atingirem a água salobra.

Os dados também indicaram que larvas de *M. amazonicum* são fortemente eurialinas a partir do estágio III. No presente trabalho, verificou-se tanto zoeas III mudando de estágio em água salobra a 1‰ como na salinidade de 15‰. McNamara *et al.* (1983) também encontraram indício de que as larvas de *M. amazonicum* eram eurialinas. Esses mesmos autores verificaram que a taxa

metabólica de larvas desta espécie nos estágios I e II aumenta em meios diluídos (0‰) e concentrados (28‰). Este padrão foi encontrado em larvas eurialinas como *Macrobrachium olfersi* e *M. acanthurus* (Ismael e Moreira, 1997). No entanto, para melhor compreensão, novos estudos devem avaliar a osmolaridade da hemolinfa ao longo do desenvolvimento larval de *M. amazonicum*. Esses dados também sugerem que larvas dessa espécie a partir do estágio III começaram a desenvolver mecanismos osmorregulatórios, tanto que as larvas nos estágios VIII e IX sobreviveram em salinidade 0,5‰, o que não ocorreu com os primeiros estágios larvais de *M. amazonicum*.

Outro indício de que as larvas de *M. amazonicum* são eurialinas é a longevidade e o desenvolvimento larval que, a partir do estágio II, foram semelhantes nas salinidades de 1 a 15‰. Diferente desse resultado, alguns autores testaram salinidades entre 0 e 15‰ (Guest e Durocher, 1979) e entre 0 e 30‰ (Moreira *et al.*, 1986) para larvas de *M. amazonicum*, encontraram baixa sobrevivência em salinidades abaixo de 7,5 e 12‰, respectivamente. Os resultados desses dois estudos, podem ter sido influenciados pela maior sobrevivência de náuplios de *Artemia* em salinidade alta. Isso porque esse alimento vivo é mais disponível nesse meio, pois nadam continuamente e podem ser mais facilmente detectados. Larvas de *M. rosenbergii* nos estágios iniciais percebem o alimento vivo principalmente por mecanorrecepção (Barros e Valenti, 1997), sendo possível que esse mesmo mecanismo seja usado por *M. amazonicum*. Desta forma, o fator limitante para a sobrevivência em menor salinidade seria a alimentação fornecida, visto que de acordo com este trabalho, as larvas metamorfoseiam-se em baixas salinidades.

Jomori *et al.* (2003) verificaram que náuplios de *Artemia* sobrevivem 38 horas na salinidade 2‰. Porém, em testes preliminares realizados com o lote de *Artemia* utilizado neste estudo, esse microcrustáceo não sobreviveu mais que 8 horas nessa salinidade, comprometendo a disponibilidade de alimento para as larvas de *M. amazonicum*. Possivelmente, essas observações divergem em função da origem das espécies ou lotes de cistos de *Artemia*. Vanhaecke *et al.* (1984)

relataram que populações pertencentes a sítios de produção isolados apresentaram diferentes tolerâncias aos fatores abióticos.

Dada a provável influência do alimento vivo nos resultados de sobrevivência de *Macrobrachium* bem como as diferenças entre os lotes de *Artemia*, constata-se que a metodologia empregada no presente estudo, com ausência de alimento, pode ser a mais adequada para testar o efeito isolado da salinidade no desenvolvimento de *M. amazonicum*. McNamara *et al.* (1983) testaram a longevidade de larvas não alimentadas dessa espécie nos estágios I e II e não encontraram diferenças entre salinidades de 7 a 28‰. Porém, o presente estudo indicou que o desenvolvimento de larvas desse camarão é semelhante entre salinidades baixas como 1 e 7‰.

O fato das larvas de *M. amazonicum* da população estudada sobreviverem em salinidades baixas, como 1‰, pode indicar maior grau de adaptação à água doce que outras espécies de *Macrobrachium*, como *M. rosenbergii*. De fato, segundo Pérez (1984) o *M. amazonicum* seria imigrante mais antigo à água doce que a espécie nativa, *Macrobrachium heterochirus*, por apresentar período larval mais curto (aproximadamente 20 dias) e número menor de estágios larvais (9 estágios).

A sobrevivência de larvas de *M. amazonicum* em salinidades baixas pode possibilitar redução nos custos de produção de larviculturas situadas longe da costa. No entanto, o maior entrave para a realização de larviculturas dessa espécie utilizando água com baixa salinidade está em encontrar alimento alternativo aos náuplios de *Artemia*. Pesquisas com esse objetivo seriam de imensa valia.

Os resultados deste trabalho permitem supor que as larvas de *M. amazonicum* têm reservas energéticas acumuladas antes do estágio VIII, suficientes para os processos de metamorfose. A metamorfose traz demandas metabólicas, podendo resultar em maior vulnerabilidade ao estresse

osmótico (Anger, 1996). No entanto, parte das larvas de *M. amazonicum* expostas à salinidade baixa (0,5‰) metamorfosearam-se em pós-larvas.

Os dados do presente trabalho permitiram supor que a energia canalizada para a homeostase de larvas de *M. amazonicum* nas salinidades de 1 a 15‰ seja mantida nos primeiros estágios. Isso porque as larvas tiveram o mesmo tempo de desenvolvimento e as condições inadequadas causam estresse fisiológico, redução de alguns índices e aumento de energia para manutenção (Agard, 1999). No entanto, alguns autores verificaram esforços das larvas dessa espécie para manter a homeostase em meios diluídos. Zanders e Rodríguez (1992) observaram diminuição do consumo de oxigênio de zoeas I e II de *M. amazonicum* com o aumento de salinidade de zero para 25‰. McNamara *et al.* (1983) também observaram essa redução entre as salinidades zero e 7‰. Além disso, o presente estudo mostrou que zoeas IX de *M. amazonicum* se metamorfosearam em salinidade baixa de até 0,5‰, quando a demanda energética deve ser alta. Guest e Durocher (1979), em experimento com larvas dessa espécie, também observaram metamorfose em salinidade 1‰.

Conclui-se do presente trabalho que as larvas de *M. amazonicum* podem ser cultivadas em salinidades de apenas 1‰, o que pode facilitar a instalação de larvicultura em regiões interioranas, pois uma pequena quantidade de água do mar pode ser diluída e otimizada.

REFERÊNCIAS

- AGARD, J.B.R. A four dimensional response surface analysis of the ontogeny of physiological adaptation to salinity and temperature in larvae of palaemonid shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 236, p. 209-233, 1999.
- ANGER, K. Salinity tolerance of the larvae and first juveniles of a semiterrestrial grapsid crab, *Armases miersii* (Rathbun) **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 202, p. 205-223, 1996.
- BARRETO, A.V.; SOARES, C.M.A. Produção de pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda; Palaemonidae), sob condições controladas de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 51-53, 1982.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Comportamento alimentar do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval: análise quantitativa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 785-793, 1997.
- COOPER, R.K.; HEINEN, J.M. A starvation test to determine optimal salinities for larval freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 100, n. 3, p. 537-542, 1991.
- CORREIA, E.S.; SUWANNATOUS, S.; NEW, M.B. Flow-through hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 5, p. 52-68.
- FREIRE, C.A.; CAVASSIN, F.; RODRIGUES E.N.; TORRES, A.H.; MCNAMARA, J.C. Adaptive patterns of osmotic and ionic regulation, and the invasion of fresh water by the palaemonid shrimps. **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 136, p. 771-778, 2003.

GAMBA, A.L. Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda: Crustacea) in Venezuelan continental lagoon.

Internatinal Journal Invertebrate Reproduction and Development, v. 7, p. 135-142, 1984.

GUEST, W.C. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 37, n. 2, p. 141-152, 1979.

GUEST, W.C.; DUROCHER, P.P. Palaemonid shrimp, *Macrobrachium amazonicum*: Effects of salinity and temperature on survival. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 41, n. 1, p. 14-18, 1979.

ISMAEL, D.; MOREIRA, G.S. Effect of temperature and salinity on respiratory rate and development of early larval stages of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae). **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 118, n. 3, p. 871-876, 1997.

JOMORI, R.K.; KENNEDY, R.L.; PORTELLA, M.C. The effect of salinity on growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* larvae. In: World Aquaculture 2003, 2003, Salvador. **Book of Abstracts**. Salvador. World Aquaculture Society, 2003. p. 382.

KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. Culture of other prawn species. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 21, p. 393-410.

MAGALHÃES, C. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da região Amazônica. I. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea; Decapoda). **Amazoniana**, v. 9, n. 2, p. 247-274, 1985.

MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, G.S.; MOREIRA, P.S. The effect of on respiratory metabolism, survival and moulting in first zoea of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea; Decapoda). **Hydrobiologia**, v. 101, p. 239-242, 1983.

MOREIRA, G.S.; MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, P.S. The effect of salinity on upper thermal limits of survival and metamorphosis during larval development in *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 50, n. 3, p. 231-238, 1986.

PÉREZ, L.A.V. **Desenvolvimento larval de *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1839), *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) e *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em laboratório.** 1984. 277 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

READ, G.H.L. Intraspecific variation in the osmoregulatory capacity of larval, post larval, juvenile and adult *Macrobrachium petersi* (Hilgendorf). **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 78, n. 3, p. 501-506, 1984.

READ, G.H.L. A surface response analysis of the role of salinity in the development of larval and post larval *Macrobrachium petersi*. **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 84, p.159-168, 1986.

SCAICO, M.A. Fecundidade e fertilidade de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea; Decapoda) de um açude da Nordeste Brasileiro. **Boletim Instituto de Pesca**, v. 19: p. 89-96, 1992.

SOLORZANO, L. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. **Limnology and Oceanography**, v. 14, p. 799-801, 1969.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis.** Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. 310 p.

VALENTI, W.C. 1985. **Cultivo de camarões de água doce.** 2^a ed. São Paulo: Nobel. 82p.

VALENTI, W.C. The Potential for *Macrobrachium amazonicum* Culture. In. World Aquaculture 2003, 2003, Salvador. **Book of Abstracts.** Salvador. World Aquaculture Society, 2003. p. 804.

VALENTI, W.C. Camarão de Água Doce como agronegócio. In: Aqua Ciência 2004, 1., 2004, Vitória,. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática (Aquabio), 2004. p. 52.

VANHAECKE, P.; SIDDALL, S.E.; SORGELOOS, P. International study on *Artemia*. XXXII. Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin. **Journal of Experimental Biology and Ecology**, v. 80: p. 259-275, 1984.

ZANDERS, I.P.; RODRÍGUEZ, J.M. Effects of temperature and salinity stress on osmoionic regulation in adults and on oxygen consumption in larvae and adults of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea; Decapoda). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 101A, n. 3, p. 505-509, 1992.

Capítulo III

EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA E NO DESENVOLVIMENTO LARVAL DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

ABSTRACT

The present study determined a light intensity suitable for cultivating *Macrobrachium amazonicum* larvae. The effects of four light intensities (0; 2.8 ± 0.9 ; 5.5 ± 1.8 and $7.8 \pm 2.5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$) on survival, productivity, weight gain and larval development were investigated. Three trials per treatment were carried out. Newly hatched larvae were held in black tanks (80.2 ± 0.6 larvae/L) filled with 50-L-brackish water (salinity of 10‰), in a closed recirculated system. To get two light intensities, 2.8 ± 0.9 and $5.5 \pm 1.8 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ at the water surface, the tanks were covered with shadow meshes allowing 35% and 70% light, respectively. Complete absence of light ($0 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$) was obtained by covering the tank with opaque black plastic, and full-light condition used no covering at all ($7.8 \pm 2.5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$). Observations showed that the survival rate was not affected by light intensity. Productivity and weight gain were higher under $7.8 \pm 2.5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ light intensity than under 0 and $2.8 \pm 0.9 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ intensities ($p < 0.05$). The larval development index was similar among the treatments under the different light intensities. However, from stage VII this index was increased slightly in the treatment under $7.8 \pm 2.5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ light intensity. In conclusion, the highest luminosity tested ($7.8 \pm 2.5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$; about 390 ± 125 lux) improves the *M. amazonicum* larval performance by enhancing development, productivity and weight gain.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a intensidade luminosa adequada ao desenvolvimento larval de *Macrobrachium amazonicum*. Investigou-se o efeito de quatro intensidades luminosas (0 ; $2,8\pm 0,9$; $5,46\pm 1,8$ e $7,8\pm 2,5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$) na sobrevivência, na produtividade, no ganho de peso e no desenvolvimento larval de *M. amazonicum*. Cada tratamento teve três repetições. Larvas recém eclodidas foram estocadas na densidade $80,2\pm 0,6$ larvas/L em tanques pretos (50L de água salobra 10‰) em sistema fechado. As intensidades luminosas $2,8\pm 0,9$ e $5,46\pm 1,75 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ foram mantidas cobrindo-se os tanques com sombrite que permitisse 35 e 70% de passagem de luz, respectivamente, e para a intensidade $0 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, os tanques foram cobertos com plástico preto. Na intensidade $7,8\pm 2,5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, os tanques não foram cobertos. A taxa de sobrevivência não diferiu entre as intensidades luminosas. Os valores da produtividade e do ganho de peso sob a luminosidade $7,8\pm 2,5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ foram significativamente maiores que nos tratamentos sob 0 e $2,75\pm 0,87 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ de luz ($p<0,05$). O índice de desenvolvimento larval foi semelhante em todas as intensidades luminosas. No entanto, a partir do estágio VII, houve ligeiro aumento do índice na intensidade $7,8\pm 2,5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. Pode-se concluir que luminosidade $7,8\pm 2,5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (aproximadamente 390 ± 125 lux) melhora o desempenho das larvas de *M. amazonicum* em termos de desenvolvimento larval, produtividade e ganho de peso.

INTRODUÇÃO

Macrobrachium amazonicum é considerada a espécie brasileira, de camarão de água doce, com maior potencial para o cultivo (Kutty *et al.*, 2000; Valenti, 2003). É amplamente distribuída na América Latina, sendo encontrada em estuários e regiões interiores. Essa espécie pode ser cultivada em substituição a *Macrobrachium rosenbergii* que, apesar de ser a espécie de camarão de água doce mais cultivada no mundo (Valenti, 2004), é exótica e pode, portanto, acarretar problemas ambientais de diversas ordens. Apesar de ter menor porte que *M. rosenbergii*, *M. amazonicum* possui carne com textura firme e sabor mais acentuado (Valenti, 2003) sendo muito comercializado no Norte e Nordeste do Brasil. Além disso, possui também rápido crescimento (Kutty *et al.*, 2000), grande rusticidade, resistência e fácil reprodução em cativeiro (Valenti, 1985), alta sobrevivência e ciclo larval mais curto (20 a 25 dias) (Guest, 1979). Nesse sentido, o presente estudo procurou encontrar condições adequadas para o cultivo dessa espécie, concentrando-se especificamente na fase de larvicultura, crucial para o sucesso da sua produção.

A intensidade luminosa tem sido considerada um dos principais fatores abióticos que afetam o desenvolvimento larval de decápodes (Gardner e Maguire, 1998; Anger, 2001). A maioria dos trabalhos relaciona o fotoperíodo ao desenvolvimento de decápodes (Lin, 1997, Lin *et al.*, 1998) e Barros e Valenti, 2003) em larvas de *M. rosenbergii*. Porém, efeitos da intensidade luminosa foram verificados na alimentação de larvas de *Jasus edwardsii* (Moss *et al.*, 1999) e de *Penaeus merguensis* (Hoang *et al.*, 2003); no comportamento natatório de larvas de *J. edwardsii* (Moss *et al.* 1999); na sobrevivência de larvas de *Homarus americanus* (Eagles *et al.*, 1986) e de *M. rosenbergii* (Rodrigues *et al.*, 1998); no crescimento de larvas de *M. rosenbergii* (Rodrigues *et al.*, 1998) e de juvenis de *P. merguensis* (Hoang *et al.*, 2003) e de *Fenneropenaeus chinensis* (Wang *et al.*, 2004); no metabolismo de juvenis de *F. chinensis* (Wang *et al.*, 2004); na taxa de canibalismo de larvas de *H. americanus* (Eagles *et al.*, 1986), na duração de intermuda de larvas de *H.*

americanus (Eagles *et al.*, 1986) e juvenis de *P. merguensis* (Hoang *et al.*, 2003); e na metamorfose de larvas de *H. americanus* (Eagles *et al.*, 1986).

A luminosidade está diretamente relacionada à identificação do alimento no ambiente e essa habilidade surge ao longo do desenvolvimento larval (Barros, 2001), embora nos estágios iniciais (II ao IV) a oportunidade de encontro seja o fator principal para a captura de alimento de *M. rosenbergii* (Barros e Valenti, 1997). Nos estágios VIII a XI dessa espécie, as larvas nadam em direção do alimento, indicando que, nesta fase, já possuem estímulos visuais (Barros e Valenti, 1997). Assim, nesses estágios a intensidade luminosa precisa ser suficiente para assegurar a captura do alimento e, conseqüentemente, máximo consumo alimentar, como sugerido por Valenti e Daniels (2000), podendo resultar em melhor crescimento.

Apesar das evidências acima, a intensidade luminosa recomendada para larvicultura de camarão de água doce apresenta divergências na literatura, variando entre 200 e 30.000 lux (Valenti e Daniels, 2000). Na larvicultura de *M. rosenbergii*, as intensidades de luz mais utilizadas estão entre 250 e 800 lux (New, 2002). Porém, a luz natural deve incidir indiretamente sobre o tanque de larvicultura de *M. rosenbergii* (Valenti e Daniels, 2000).

No presente estudo foram avaliados os efeitos de intensidades luminosas sobre crescimento, desenvolvimento larval, produtividade e sobrevivência, de *M. amazonicum*, visando fornecer subsídios para estabelecimento de condições de luminosidade ótimas para o seu cultivo. O uso de intensidade luminosa adequada na larvicultura de camarões de água doce pode reduzir o custo de produção e aumentar a produtividade por meio do encurtamento do ciclo larval, reduzindo, assim, os custos com alimentação, mão de obra e eletricidade (Correia *et al.*, 2000).

MATERIAL E MÉTODOS

Larvas de *M. amazonicum* foram obtidas de fêmeas ovígeras provenientes dos viveiros de reprodutores da Universidade Estadual Paulista – UNESP, do Setor de Carcinicultura do CAUNESP, Campus de Jaboticabal, SP. Essas larvas foram estocadas em média 19 dias em 12 tanques retangulares com 50L de água salobra (10‰), na densidade média de $80,2 \pm 0,6$ larvas/L. Esses tanques possuíam aeração constante, filtros biológicos internos, sistema fechado de recirculação, temperatura da água controlada a $30,1 \pm 0,1^\circ\text{C}$ e o regime de luz de 12h claro: 12h escuro nos tratamentos com luz. A luminosidade do laboratório foi mantida por meio de luz solar indireta e lâmpadas fluorescentes (40W, luz do dia Plus, Sylvania).

Delineamento Experimental

O delineamento foi totalmente casualizado. Avaliou-se o efeito de quatro intensidades luminosa, 0; $2,8 \pm 0,9$; $5,5 \pm 1,8$ e $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, sobre a sobrevivência, o crescimento, a produtividade e o desenvolvimento larval de *M. amazonicum*. Realizaram-se três repetições para cada luminosidade.

O manejo alimentar utilizado consistiu do fornecimento de náuplios de *Artemia* por todo o ciclo larval e dieta inerte a partir do estágio V. A qualidade da água foi mantida dentro do recomendado por Correia *et al.* (2000) para *M. rosenbergii* e não variou entre os tratamentos. Isso foi assegurado pelo sifonamento diário de excretas e restos de alimentos. A temperatura foi monitorada duas vezes por dia (manhã e tarde) e os valores de pH, oxigênio dissolvido, salinidade, teores de amônia (método descrito por Solorzano, 1969) e de nitrito (método descrito por Strickland e Parsons, 1972) duas vezes por semana. A quantidade de luz incidente nos tanques foi aferida duas vezes por semana por meio de fotômetro modelo LI 1600, LI-COR.

A qualidade da água manteve-se adequada e não diferiu entre as condições experimentais, apresentando os seguintes valores médios (\pm dp): salinidade = $10,4 \pm 0,3\%$, pH = $7,9 \pm 0,0$, amônia = $49,3 \pm 7,3$ $\mu\text{g/L}$, nitrito = $64,0 \pm 5,3$ $\mu\text{g/L}$ e oxigênio dissolvido = $6,5 \pm 0,6$ mg/L .

Procedimentos Específicos

As diferentes intensidades luminosas foram propiciadas por meio de diferentes níveis de cobertura sobre os tanques. Na condição de luz total ($7,8 \pm 2,5$ $\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$, aproximadamente 390 ± 125 lux), os tanques ficaram sem cobertura e na ausência de luz (0 $\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$) foram cobertos com lona preta. Nas demais, foram cobertos com sombrite apropriado para passagem de 35% ($2,8 \pm 0,9$ $\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$, aproximadamente $136,5 \pm 87,5$ lux) e 70% de luz ($5,5 \pm 1,8$ $\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$, aproximadamente $273 \pm 43,8$ lux).

A sobrevivência foi avaliada a partir do número de larvas e pós-larvas no momento da despesca. A produtividade consistiu no número de pós-larvas/L. O ganho de peso foi analisado pela diferença do peso seco médio entre zoeas I (10 amostras de 30 indivíduos de cada tanque) no início do experimento e pós-larvas (10 amostras de 5 indivíduos de cada tanque) no dia da despesa. Para pesagem, os indivíduos eram lavados rapidamente em água destilada, secos em papel de filtro e transferidos para cartuchos pré-pesados. Em seguida, secos em estufa (60°C) por 24 h, colocadas no dessecador por mais 2 h e, finalmente, pesados em balança analítica (precisão de $1\mu\text{g}$).

Diariamente, 10 larvas foram analisadas sob estereomicroscópio e os estágios larvais identificados segundo Guest (1979). Desses dados, calculou-se, para cada dia, o índice de estágio larval, como segue:

$$\text{Índice de estágio larval} = \frac{\sum E \times N_e}{N}$$

sendo E= nº do estágio larval; N_e =nº de larvas no respectivo estágio; e N= nº total de larvas observadas (segundo Manzi *et al.*, 1977).

Análise Estatística

Os dados médios da taxa de sobrevivência, produtividade e ganho de peso foram comparados por ANAVA, seguido do teste de Tukey ($p < 0,05$), aplicado o programa computacional “Statistical Analysis System - SAS” (versão 8,02). Para essas análises, a taxa de sobrevivência foi transformada em arco-seno da raiz quadrada do valor. No entanto, as médias foram apresentadas sem transformação para facilitar a interpretação. Para avaliação do índice de estágio larval foram feitas análises descritivas.

RESULTADOS

A intensidade luminosa não afetou significativamente a sobrevivência das larvas de *M. amazonicum* ($p > 0,05$), embora as taxas mais elevadas tenham ocorrido nas intensidades $5,5 \pm 1,8$ e $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ (Figura 1A). Destaca-se que a maior produtividade e ganho de peso ocorreram nas condições de maior luminosidade (Figuras 1B e 1C). A produtividade das larvas mantidas em luminosidade $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ foi significativamente maior que aquelas obtidas a 0 e $2,8 \pm 0,9 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ($p < 0,05$; Figura 1B). Entretanto, não houve diferença ($p > 0,05$) entre $5,5 \pm 1,8$ e as intensidades mais baixas. De forma similar, o ganho de peso foi significativamente maior apenas na intensidade luminosa de $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ($p < 0,05$; Figura 1C) em relação às intensidades 0 e $5,5 \pm 1,8 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$.

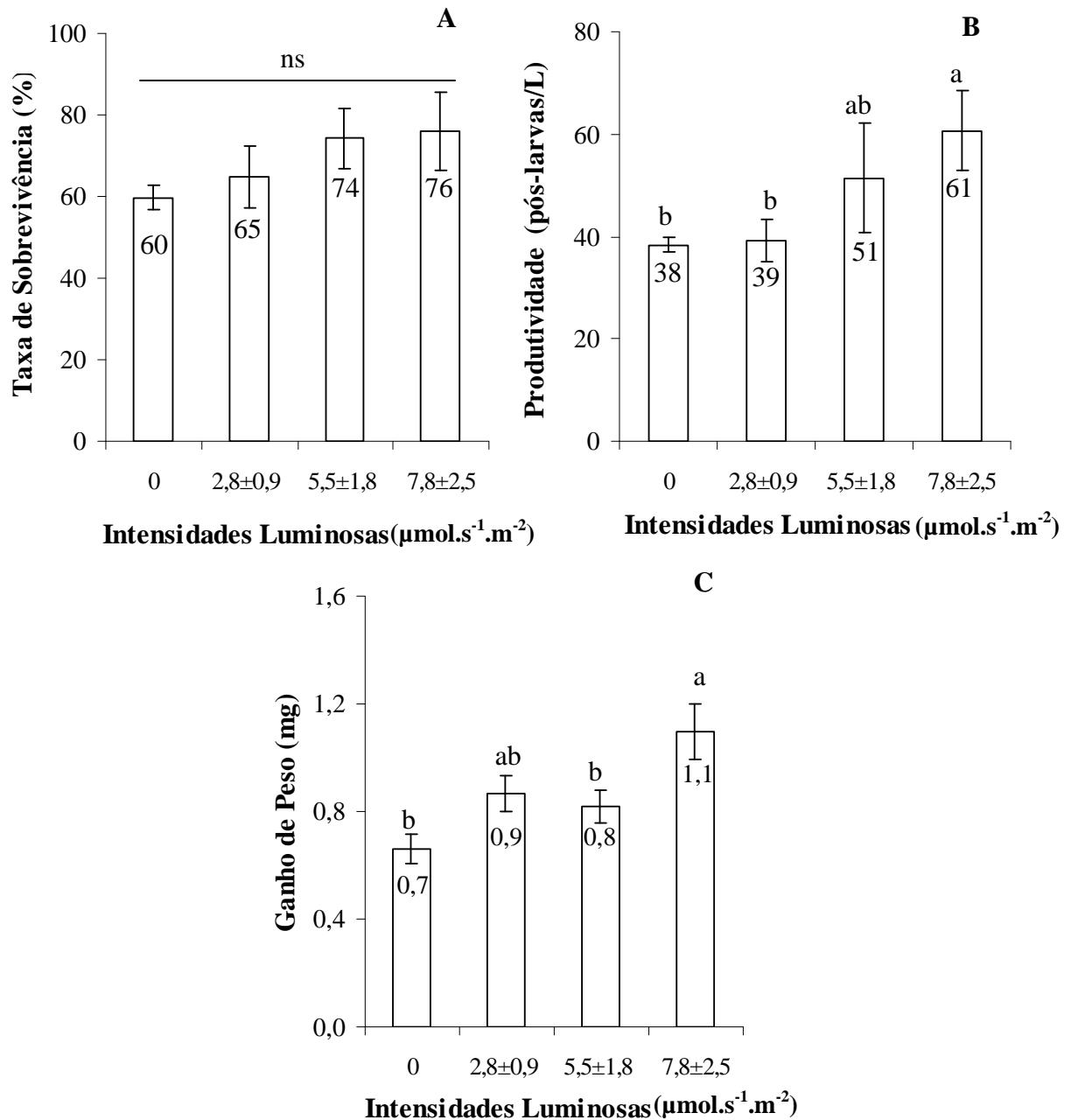


Figura 1. Efeito da luminosidade de cultivo na produção de pós-larvas de *M. amazonicum*. Médias ($\pm dp$) obtidas de três tanques em cada luminosidade. ns = sem diferença significativa (ANAVA, Tukey, $p > 0,05$). Médias com ao menos uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).

O índice de desenvolvimento larval foi semelhante entre as intensidades luminosas (Figura 2). No entanto, as larvas que foram mantidas na intensidade luminosa $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol. s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ mostram tendência de aumento progressivo desse índice a partir do 12^o dia (estágio VII) (Figura 2).

Observou-se que a metamorfose se inicia nessa intensidade luminosa antes das demais, além disso, observou-se maior atividade natatória das larvas mantidas sob essa intensidade.

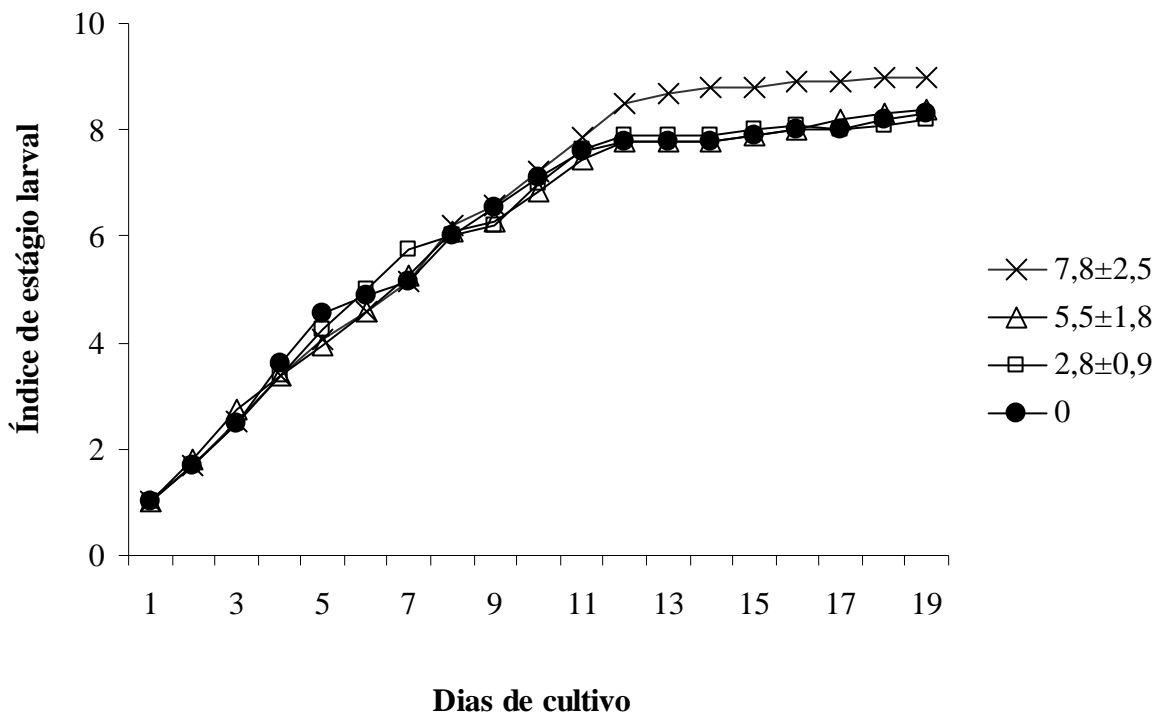


Figura 2. Efeito da intensidade luminosa ($\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$) na evolução do Índice de Estágio Larval (IEL) de *M. amazonicum*.

DISCUSSÃO

A sobrevivência das larvas de *M. amazonicum* não sofreu influência negativa pela intensidade luminosa. As taxas de sobrevivência não foram diferentes ($p>0,05$) entre as intensidades luminosas testadas. De fato, outros estudos mostraram que a luz não afeta a sobrevivência das larvas de *M. rosenbergii* (Rodrigues *et al.*, 1998), de *Carcinus maenas* (Dawirs, 1982), de *P. gigas* (Gardner e Maguire, 1998), de *J. edwardsii* (Moss *et al.*, 1999) e juvenis de *P. merguensis* (Hoang *et al.*, 2003) e *F. chinensis* (Wang *et al.*, 2004). Essa resposta, no entanto, não é necessariamente esperada, pois aumento na incidência luminosa pode provocar maior canibalismo em larvas de *H. americanus* (Eagles *et al.*, 1986), de *Ranina ranina* (Minagawa, 1994) e de

Pseudocarcinus. gigas (Gardner e Maguire, 1998). Esses autores sugeriram que o maior canibalismo resultou do aumento da atividade natatória ou de maior percepção visual sob alta intensidade de luz. No entanto, no presente trabalho, a maior atividade natatória verificada sob altas intensidades de luz resultou em ligeiro aumento na sobrevivência das larvas de *M. amazonicum*. Isso pode ter sido causado por maior dispersão das larvas dessa espécie no tanque, diminuindo os encontros agonísticos. Essas divergências de resultados podem estar relacionadas ao comportamento diurno ou noturno, ou ao grau de atração ou repulsão à luz de cada espécie.

A intensidade luminosa afetou o desenvolvimento larval de *M. amazonicum*. As larvas de *M. amazonicum* sob maior incidência luminosa ($7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$) começaram a apresentar esse índice mais elevado que as demais a partir do 12º dia (VII estágio), expandindo esse incremento gradativamente até o final das observações. Essa resposta indica menor tempo de desenvolvimento larval de *M. amazonicum* sob alta intensidade de luz. De fato, Hoang *et al.* (2003) sugeriram que o hormônio estimulador da muda (MSH), encontrado nas larvas de *C. maenas* e *Alpheus heterochaelis* por Webster e Dirksen (1991) e Knowlton (1994), respectivamente, pode ser estimulado pela alta intensidade luminosa, mas não ao nível que possa resultar em alta frequência de muda. Essa possibilidade, no entanto, merece mais estudos, particularmente no caso de *M. amazonicum*. No entanto, alguns autores verificaram ausência de efeito da intensidade luminosa em outras espécies (Eagles *et al.*, 1986; Minagawa, 1994; Dawirs, 1982; Hoang *et al.*, 2003).

Uma possibilidade mais parcimoniosa para esse crescente incremento do índice de estágio larval nas condições de $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ de luminosidade pode convergir para a acuidade visual das larvas. Assim, as larvas de *M. amazonicum* podem ter aumento da acuidade visual a partir do estágio VII. Esse aumento da acuidade visual com o desenvolvimento também foi sugerido por Barros (2001) em larvas de *M. rosenbergii* a partir do estágio larval VI, que corresponde ao estágio V de *M. amazonicum*. Este autor relatou que *M. rosenbergii* apresentou maior taxa de ingestão de náuplios de *Artemia* em condições de claridade. Outra evidência da presença de acuidade visual em

larvas de *M. rosenbergii* foi verificada por Lin e Omori (1993) e Rodrigues *et al.* (1998). Esses autores observaram aumento da taxa de ingestão de *M. rosenbergii* em tanques com parede escura que contrastavam com o alimento claro. Da mesma forma, Barros e Valenti (2003) verificaram maior frequência de ingestão de partículas mais claras de alimento nos estágios larvais VI a VIII de *M. rosenbergii*. É possível que o contraste da cor do alimento com o substrato seja importante para que as larvas percebam o alimento. Porém, são necessários mais estudos nesta área, tanto para se esclarecer o que ocorre, quanto para se entender seu mecanismo.

O maior ganho de peso, aparecimento das primeiras pós-larvas e maior produtividade de *M. amazonicum* sob alta intensidade luminosa ($7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$) observado no presente trabalho também pode estar diretamente relacionado à hipótese da acuidade visual expressa acima. Esses parâmetros tenderam a diminuir com a redução da intensidade luminosa, principalmente na escuridão completa. Alguns autores verificaram resultados semelhantes sob altas intensidades luminosas estudando larvas de *M. rosenbergii* (Rodrigues *et al.*, 1998) e juvenis de *P. merguensis* (Hoang *et al.*, 2003). Esses últimos autores sugerem que os maiores ganhos de peso e produtividades podem estar relacionados com a maior dispersão dos juvenis e do alimento vivo na coluna d'água, aumentando a oportunidade de encontro entre os dois. De fato, Barros e Valenti (1997) demonstraram que a mecanorrecepção é o mecanismo mais importante na captura de alimento pelas larvas de *M. rosenbergii*, principalmente nos estágios II ao IV.

Nas intensidades luminosas 0 e $5,5 \pm 1,8 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ o ganho de peso foi menor que na luminosidade máxima testada. Esse menor crescimento pode ser decorrente da menor taxa de alimentação ou maior gasto energético (por ex., na captura do náuplio de *Artemia*). Como esses náuplios têm fototaxia positiva, podem ter ficado concentrados próximos à superfície do tanque, reduzindo seu número na coluna d'água sob menor intensidade de luz. Apesar disso, alguns autores reportaram aumento de crescimento de larvas de *H. americanus* (Dawirs, 1982) e de *F. chinenses* (Wang *et al.*, 2004) quando mantidas no escuro. No caso de *F. chinenses*, houve menor crescimento

sob alta intensidade de luz porque nessas condições essas larvas gastaram mais energia com respiração, excreção e ecdises (Wang *et al.*, 2004). Além disso, Appelbaum e Mcgeer (1998) e Bojsen *et al.* (1998) ressaltaram que organismos de hábito noturno podem ter maior gasto energético sob luz devido à procura de abrigos, reduzindo conseqüentemente o crescimento. Por outro lado, a luz não afetou o crescimento de larvas de *J. edwardsii* (Moss *et al.*, 1999). Segundo Puvanendran e Brown (2002), a intensidade luminosa pode ter efeito espécie-específico sobre as larvas de crustáceos, ressaltando a necessidade de mais estudos.

Essa tendência de aumento dos parâmetros verificada no presente trabalho permite sugerir que sob intensidades maiores que $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ pode ser maior o desenvolvimento larval, a produtividade e o ganho de peso de larvas de *M. amazonicum*. Estudos futuros para testar essa hipótese serão de imensa valia.

Com base nos dados, pode-se concluir que luminosidade $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ (aproximadamente 390 ± 125 lux) melhora o desempenho das larvas de *M. amazonicum* em termos de desenvolvimento larval, produtividade e ganho de peso.

REFERÊNCIAS

- ANGER, K. Ecology and Behavior. In: VONK R. **Crustacean Issue: 14**. The biology of decapod crustacean larvae. Netherlands: A. A. Balkema Publishers, 2001. cap. 10, p. 263-318.
- APPELBAUM, S.; MCGEER, J. C. Effect of diet and light regime on growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles. **Aquaculture Nutrition**, v. 4, p. 157–164, 1998.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Comportamento alimentar do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval: análise quantitativa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 785-793, 1997.
- BARROS, H.P. **Alimentação de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval**: Efeitos da densidade de náuplios de *Artemia*, do tamanho das partículas de ração, do tipo de alimento e do fotoperíodo. 2001. 76 f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) - Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. **Aquaculture**, v. 216, p. 165-176, 2003.
- BOJSEN, B.H.; WITTHOFFT, H., STYRISHAVE, B.; ANDERSEN, O. In situ studies on heart rate and locomotor activity in the freshwater crayfish, *Astacus astacus* (L.) in relation to natural fluctuations in temperature and light intensity. **Freshwater Biology**, v. 39, p. 455-465, 1998.
- CORREIA, E.S.; SUWANNATOUS, S.; NEW, M.B. Flow-through hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture**: The farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 5, p. 52-68.

DAWIRS, R .R. Methodical aspects of rearing decapod larvae, *Pagurus bernhardus* (Paguridae) and *Carcinus maenas* (Portunidae). **Helgoländer Meeresuntersuchungen**, v. 35, p. 439-464, 1982.

EAGLES, M.D.; AIKEN, D.E.; WADDY, S.L. Influence of light and food on larval americanus lobster, *Homarus americanus*. **Canadian Journal Fish Aquatic Society**, v. 43, p. 2303-2310, 1986.

GARDNER, C.; MAGUIRE, B.M. Effect of photoperiod and light intensity on survival, development and cannibalism of larvae of the australian giant *Pseudocarcinus gigas* (Lamarck). **Aquaculture**, v. 165, p. 51-63, 1998.

GUEST, W.C. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 37, n. 2, p. 141-152, 1979.

HOANG, T.; BARCHIESIS, M.; LEE, S.Y.; KEENAN, C.P.; MARSDEN, G.E. Influences of light intensity and photoperiod on moulting and growth of *Penaeus merguensis* cultured under laboratory conditions. **Aquaculture**, v. 216, p. 343–354, 2003.

KNOWLTON, R.E. Effects of larval eyestalk extirpation on morphogenesis and molting in the snapping shrimp *Alpheus heterochaelis* say. **The Journal Experimental Zoology**, v. 270, p. 162-174, 1994.

KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. Culture of other prawn species. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 21, p. 393-410.

LIN, X.T. Influence of photoperiods on food consumption and development of *Macrobrachium rosenbergii* larvae. **Oceanology et Limnologia Sinica**, v. 28, n. 1, p. 13-20, 1997.

LIN, X.T.; M. OMORI. Effect of container coloration on the feeding rates of zoeal larvae of the giant freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. **Bulletin of Plankton Society of Japan**, v. 40, n. 1, p. 19-25, 1993.

LIN, X.T.; QI, S.; CAO, S.J.; HUANG, C.J. Influence of photoperiods on growth and energy budget of *Macrobrachium rosenbergii* larvae. **Oceanology et Limnologia Sinica**, v. 29, n. 2, p. 119-127, 1998.

MANZI, J.J.; MADDUX, M.B.; SANDIFER, P.A. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) larviculture. **Proceeding of the World Mariculture Society**, v. 8, p. 207-223, 1977.

MINAGAWA, M. Effect of photoperiod on survival, feeding and development of larvae of the red frog crab, *Ranina ranina*. **Aquaculture**, v. 120, p. 105-114, 1994.

MOSS, G.A.; TONG, L.J.; HLINGWORTH, J. Effects of light intensity and food density on the growth and survival of early-stage phyllosoma larvae of the rock lobster *Jasus edwardsii*. **Marine Freshwater Research**, v. 50, p. 129-134, 1999.

NEW, M.B. **Farming freshwater prawns: A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)**. n. 428. Rome: FAO, 2002. 212p.

PUVANENDRAN, V.; BROWN, J.A. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. **Aquaculture**, v. 214, p. 131–151, 2002.

RODRIGUES, C.C.B.; RODRIGUES, J.B.R.; MOSCHEN, S. Efeitos da luz solar e cor dos tanques no desenvolvimento larval e produção de pós-larvas do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) In: Aqüicultura Brasil '98, 1998, Recife. **Anais...** Recife: 1998. p.423-435.

SOLORZANO, L. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method.

Limnology and Oceanography, v. 14, p. 799-801, 1969.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis**. Ottawa:

Fisheries Research Board of Canada, 1972. 310 p.

VALENTI, W.C. 1985. **Cultivo de camarões de água doce**. 2^a ed. São Paulo: Nobel. 82p.

VALENTI, W.C.; DANIELS, W.H. Recirculation hatchery systems and management. In: NEW,

M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture**: The farming of *Macrobrachium rosenbergii*.

Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 6, p. 69-90.

VALENTI, W.C. The Potential for *Macrobrachium amazonicum* Culture. In. World Aquaculture

2003, 2003, Salvador. **Book of Abstracts**. Salvador. World Aquaculture Society, 2003. p. 804.

VALENTI, W.C. Camarão de Água Doce como agronegócio. In: Aqua Ciência 2004, 1., 2004,

Vitória,. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática (Aquabio),

2004. p. 52.

WANG, F.; DONG, S.; DONG, S.; HUANG, G.; ZHU, C.; MU, Y. The effect of light intensity on

the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. **Aquaculture**, v. 234, p. 475–483, 2004.

WEBSTER, S.G.; DIRCKSEN, H. Putative molt-inhibiting hormone in larvae of the shore crab

Carcinus maenas L.: An immunocytochemical approach. **Biological Bulletin**, v. 180, p. 65-71,

1991.

Capítulo IV

ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA,

Macrobrachium amazonicum

ABSTRACT

The present study investigated the food content (*Artemia* nauplii and/or inert food) in the digestive tract of *Macrobrachium amazonicum* larvae and determined the larval stage when exogenous feeding starts. In a first study, newly hatched larvae were fed *Artemia* (20 nauplii/mL) from either zoea I, zoea II or zoea III. Observations showed that survival was not affected when exogenous feeding began at the different larval stages, but weight gain was lower when food was offered from the zoea III stage. In a second experiment, the acceptance of inert food was evaluated. Sixty larvae from each stage (zoea I to IX) were fasted 2 h and then allowed *ad libitum* inert diet. Only larvae from stage IV ingested this inert diet. In a last experiment, newly hatched larvae were held in larviculture tanks and fed on both *Artemia* nauplii and inert diet. Feed intake analyses by stereomicroscopy revealed that Zoeas I did not feed while food was available (15 min). Moreover, live food was accepted from stage II and inert food from stage III. The inert food was predominant in the gastrointestinal tract from stage VII. These results suggest that the complete replacement of *Artemia* nauplii by inert food may be carried out from stage VII for this species and that feeding on live food should start from stage II, thus reducing production costs considerably.

RESUMO

Investigou-se a incidência alimentar no tubo digestivo de larvas de *Macrobrachium amazonicum* em relação a náuplios de *Artemia* e dieta inerte, bem como o estágio no qual se inicia a ingestão de alimento exógeno. Num primeiro estudo, larvas recém eclodidas foram alimentadas a partir de zoea I, zoea II ou zoea III com náuplios de *Artemia* (20 náuplios/mL). Embora a sobrevivência não tenha sido afetada, o início da alimentação a partir do estágio III resultou em menor ganho de peso. Num segundo experimento, 60 larvas de cada estágio (I ao IX) foram alimentadas, após 2 h de jejum, com dieta inerte *ad libitum* para avaliar a aceitação desse alimento. Observou-se que a dieta inerte foi ingerida apenas a partir do estágio IV. Num outro experimento, larvas recém eclodidas foram mantidas em tanques de larvicultura e alimentadas com náuplios de *Artemia* e dieta inerte. Larvas em cada estágio foram observadas sob estereomicroscópio e avaliadas quanto à ingestão desses alimentos. Após 15 min de fornecimento de alimento, constatou-se que as zoeas I não haviam se alimentado. Observou-se, também, que, a partir do estágio II, as larvas começaram a ingerir alimento vivo e, a partir do estágio III, ingeriram também alimento inerte. Houve nítida predominância de alimento inerte no trato gastrintestinal apenas a partir do estágio VII. Esses resultados sugerem que a substituição total de náuplios de *Artemia* pode ocorrer a partir do estágio VII em larvicultura comercial de *M. amazonicum*, reduzindo sensivelmente os custos de produção e, que o início da alimentação viva ocorra apenas a partir do estágio II.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de camarões de água doce do gênero *Macrobrachium* aumentou mais de 1300% na última década (Valenti, 2004). *Macrobrachium rosenbergii* é a espécie de camarão de água doce mais cultivadas no Brasil (Valenti, 2004), no entanto, essa espécie é exótica e sua liberação acidental na natureza pode acarretar desequilíbrio ecológico, desestabilizando a sustentabilidade da produção de camarões de água doce no Brasil. Nesse sentido, estudos com espécies brasileiras devem ser desenvolvidos, apesar do alto potencial de cultivo das espécies exóticas.

Macrobrachium amazonicum tem sido considerada a espécie brasileira de maior potencial para o cultivo comercial (Kutty *et al.*, 2000; Valenti, 2003). No Norte e Nordeste do Brasil a pesca artesanal dessa espécie apresenta grande importância econômica. *M. amazonicum* é amplamente distribuído da Venezuela à Argentina, ocorrendo em estuários e regiões interiores. A sua carne possui textura firme e sabor mais acentuado que a carne de *M. rosenbergii* (Valenti, 2003). Em cativeiro, apresenta rápido crescimento, grande resistência e rápido desenvolvimento (Valenti, 1985). As larvas de *M. amazonicum* passam por nove estágios de desenvolvimento em cerca de 20 a 25 dias e apresentam alta taxa de sobrevivência (Guest, 1979).

Apesar de alguns trabalhos terem sido realizados com larvas de *M. amazonicum* (Guest, 1979; Guest e Durocher, 1979; Barreto e Soares, 1982; Mcnamara *et al.*, 1983; Gamba, 1984; Pérez, 1984; Magalhães, 1985; Moreira *et al.*, 1986; Lobão *et al.*, 1987; Magalhães e Walker, 1988; Rojas *et al.*, 1990; Zanders e Rodríguez, 1992; Moreira e Odinetz-Collart, 1993), as condições ideais para larvicultura desta espécie ainda não estão estabelecidas. Sua larvicultura tem sido baseada principalmente nas técnicas preconizadas para o *M. rosenbergii*. Embora sejam espécies do mesmo gênero, possuem origem geográfica distante, podendo-se supor que muitas de suas características biológicas sejam também diferentes. Nesse sentido, fica patente a necessidade de se encontrar manejos adequados e específicos para a sua larvicultura.

Um dos aspectos mais importantes na larvicultura de camarões é a otimização de estratégias alimentares, considerando o comportamento e as exigências nutricionais das larvas (Loya-Javellana, 1989; Sorgeloos e Léger, 1992; Lavens *et al.*, 2000). No entanto, informações sobre a capacidade e os processos digestórios, bem como as necessidades nutricionais de larvas de camarão de água doce são ainda escassas (Kamarudin *et al.*, 1994). Além disso, as larvas passam por diferentes estágios de desenvolvimento, exibindo necessidades nutricionais, morfofisiológicas e comportamentais específicas a cada uma dessas fases (Loya-Javellana, 1989; Sorgeloos e Léger, 1992; Lavens *et al.*, 2000). Portanto, na busca por manejos alimentares adequados, é fundamental que se considere cada um dos estágios de desenvolvimento das larvas (Loya-Javellana, 1989).

O manejo alimentar utilizado na larvicultura de *M. amazonicum* consiste no fornecimento de náuplios de *Artemia* durante todo ciclo larval e adição de dieta inerte a partir do estágio V (Setor Carcinicultura, CAUNESP). Este manejo, no entanto, foi empregado empiricamente a partir do utilizado na larvicultura de *M. rosenbergii*. Pois até o presente não há estudos referentes à aceitação de alimento ao longo do desenvolvimento larval dessa espécie.

Náuplios de *Artemia* apresentam várias vantagens, como facilidade de manejo, tamanho adequado, alta concentração de aminoácidos livres e nutrientes essenciais às larvas predadoras (Lavens *et al.*, 2000). Contudo, alguns autores acreditam que os náuplios de *Artemia* não fornecem todos os nutrientes necessários aos últimos estágios larvais de *M. rosenbergii* (Daniels *et al.*, 1992; Valenti *et al.*, 1998; Barros e Valenti, 2003a). Além disso, o preço dos cistos de *Artemia* sofre constantes oscilações, devido principalmente a problemas na sazonalidade da produção e à variação na qualidade dos cistos, elevando o custo de produção das pós-larvas de camarões de água doce. Assim, medidas que visem reduzir o uso de náuplios de *Artemia* com dietas alternativas podem favorecer a redução do custo de produção. Entretanto, essas medidas ainda carecem de estudos detalhados e indicativos da melhor fase de desenvolvimento para sua introdução, como ressaltado por Barros e Valenti (2003a) para a larvicultura de camarões de água doce.

O objetivo desse trabalho foi avaliar quantitativamente o comportamento alimentar de larvas de *M. amazonicum* em relação a dois tipos de alimento. Para isto, estudou-se primeiramente a aceitação de náuplios de *Artemia* pelas larvas nos estágios iniciais de desenvolvimento (zoea I a III). Em seguida, determinou-se a aceitação do alimento inerte em função dos estágios de desenvolvimento larval. Num último estudo, determinou-se a fase larval em que ocorre maior incidência no tubo digestivo de alimento inerte em relação aos náuplios de *Artemia*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista – UNESP, no Laboratório de Biologia de Crustáceos do Centro de Aquicultura. Larvas de *M. amazonicum* foram obtidas de fêmeas ovígeras provenientes do estoque de reprodutores do Setor de Carcinicultura do CAUNESP, UNESP, Jaboticabal, SP.

Estudos desenvolvidos

Foram desenvolvidos três estudos: a) determinação do estágio inicial de aceitação de náuplios de *Artemia* pelas larvas de *M. amazonicum*; b) determinação do estágio para introdução da dieta inerte em substituição ao alimento vivo; e c) incidência alimentar no tubo digestivo nos estágios larvais em relação a náuplios de *Artemia* e dieta inerte.

A) Determinação do estágio inicial de aceitação de náuplios de *Artemia* para alimentação

No primeiro estudo, larvas recém eclodidas de *M. amazonicum* foram estocadas em nove béqueres (500 mL de água salobra a 10‰; 100 larvas/L) e alimentadas com náuplios de *Artemia* (20 náuplios/mL) a partir dos estágios de zoea I, II e III. Esse alimento foi oferecido diariamente, uma vez ao dia. Observou-se a sobrevivência e o peso seco dessas larvas após atingirem o estágio IV (por 5 dias). Foram realizadas três réplicas para cada estágio larval. Os béqueres, providos de

aeração constante, foram acondicionados em bandeja preta com água aquecida ($30,2 \pm 0,5^\circ\text{C}$). Diariamente realizou-se a troca total da água dos béqueres, garantindo a qualidade da mesma.

A taxa de sobrevivência foi avaliada contando-se o número de larvas e pós-larvas ao final do experimento (estágio IV). Os estágios larvais foram identificados segundo Guest (1979). Para análise do peso seco final, todas as larvas foram lavadas em água destilada, secas em papel de filtro, transferidas para cartuchos pré-pesados (10 larvas/cartucho) e mantidas em estufa (60°C) por 24 h, depois em dessecador por 2 h. A pesagem foi feita em balança analítica, precisão de $1\mu\text{g}$.

Os valores de sobrevivência e peso seco médios foram comparados pela ANAVA, seguida pelo teste de Tukey e considerou-se respostas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$. A taxa de sobrevivência foi transformada em arcoseno da raiz quadrada do valor da sobrevivência. Utilizou-se o programa computacional “Statistical Analysis System - SAS” (versão 8,02). Contudo, as médias foram apresentadas sem transformação para facilitar a interpretação.

B) Determinação do estágio para introdução da dieta inerte em substituição ao alimento vivo

Sessenta larvas de cada estágio (I ao IX) foram transferidas de um tanque de manutenção de larvas para doze béqueres (80 mL de água salobra; 5larvas/béquer). A água era proveniente do tanque de larvicultura e filtrada em tela de nylon (malha = $125\mu\text{m}$). Os béqueres foram visualmente isolados entre si por subdivisões pretas e supridos com aeração suficiente para manter a dieta em suspensão na coluna d'água.

Após permanecerem em jejum (2 h), as larvas foram alimentadas com dieta inerte em regime *ad libitum*. Após 15 min, avaliou-se a presença ou não dessa dieta no tubo digestivo. Essa análise foi feita sob estereomicroscópio, com as larvas em placas de Petri. O conteúdo do tubo digestivo foi classificado em termos de *Ausência de alimento* (estômago e intestino vazios) ou *Presença de alimento* (estômago e/ou intestino parcialmente ou completamente cheios). A frequência de aceitação de dieta inerte foi calculada pela relação percentual entre o número de

larvas num dado estágio larval e com presença ou não de alimento no trato gastrointestinal e o número total de larvas observadas (= 60). Os estágios larvais foram identificados segundo Guest (1979). As frequências foram comparadas por Qui-quadrado. Todas as análises foram feitas utilizando-se o programa computacional “Statistical Analysis System - SAS” (versão 8,02).

Manutenção das larvas

Paralelamente ao segundo estudo, uma larvicultura foi conduzida para fornecer larvas nos nove estágios. Foi utilizado um tanque preto retangular (50L de água salobra a 10‰; 80larvas/L) em sistema de recirculação fechada. Esse tanque foi suprido com aeração constante, filtros biológicos e aquecedores e termostatos. O fotoperíodo foi de 12 h claro:12 h escuro.

O manejo alimentar utilizado consistiu do fornecimento de náuplios de *Artemia* por todo o ciclo larval e dieta inerte a partir do estágio V. Os parâmetros da qualidade da água do tanque mantiveram-se dentro dos recomendados por Correia *et al.* (2000). Isso foi assegurado pelo sifonamento diário das excretas e dos restos de alimento. A temperatura foi medida diariamente pela manhã e pela tarde. Duas vezes por semana foram monitorados o pH, o oxigênio dissolvido, a salinidade, o teor de amônia (segundo Solorzano, 1969) e o de nitrito (descrito por Strickland e Parsons, 1972). Os valores médios desses parâmetros foram: temperatura = $31,1 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$, salinidade = $10,0 \pm 0,3\text{‰}$, concentração de amônia = $49,2 \pm 8,6\mu\text{g/L}$, nitrito = $51,5 \pm 8,2\mu\text{g/L}$ e oxigênio dissolvido = $6,30 \pm 0,37\text{ mg/L}$. A taxa de sobrevivência foi de 66,8%.

C) Incidência alimentar no tubo digestivo de larvas em cada estágio larval em relação a náuplios de *Artemia* e dieta inerte

O terceiro estudo foi realizado em um tanque preto retangular (50L de água salobra a 10‰; 80larvas/L) em sistema de recirculação fechada. Esse tanque era suprido com aeração constante, aquecedores e termostatos e filtros biológicos. O fotoperíodo foi de 12 h claro:12 h escuro.

Diariamente, foi fornecido concomitantemente dieta inerte e náuplios de *Artemia*, duas vezes a cada manhã por todo o ciclo (20 dias). Inicialmente, a dieta oferecida continha 1,6 mg de dieta inerte/larva e 15 náuplios/mL, sendo essas concentrações aumentadas gradativamente até atingirem, ao final, 5,0 mg de dieta inerte/larva e 45 náuplios/mL. Quinze minutos após a alimentação, 50 exemplares de cada estágio larval foram aleatoriamente capturados para inspeção, sob estereomicroscópio, dos alimentos presentes no tubo digestivo.

De acordo com essa inspeção, os conteúdos ingeridos foram classificados em a) náuplios de *Artemia*, b) dieta inerte, c) *Artemia* + dieta inerte e d) nenhum (sem alimento). Para cada estágio, a incidência alimentar (IA) foi calculada pela relação percentual entre o número de larvas com mesma classificação de conteúdo ingerido e o total observado (=50). Os estágios larvais foram identificados segundo Guest (1979). As frequências foram comparadas por Qui-quadrado. Todas as análises foram feitas no SAS (versão 8,02) e considerou-se respostas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$.

Os parâmetros da qualidade da água do tanque mantiveram-se dentro dos recomendados por Correia *et al.* (2000). Isso foi assegurado pelo sifonamento diário das excretas e dos restos de alimento. A temperatura foi medida diariamente pela manhã e pela tarde. Duas vezes por semana foram monitorados o pH, o oxigênio dissolvido, a salinidade, o teor de amônia (segundo Solorzano, 1969) e o de nitrito (descrito por Strickland e Parsons, 1972).

Os parâmetros apresentaram os valores médios de: temperatura = $30,5 \pm 0,4^\circ\text{C}$, salinidade = $10,0 \pm 0,5\%$, concentração de amônia = $53,8 \pm 44,1 \mu\text{g/L}$, nitrito = $52,0 \pm 43,2 \mu\text{g/L}$, e oxigênio dissolvido = $6,92 \pm 0,23 \text{ mg/L}$. A taxa de sobrevivência foi de 70,9%.

Procedimentos específicos

O alimento inerte consistiu de dieta úmida (Valenti e Daniels, 2000) preparada no Setor de Carcinicultura do CAUNESP. Essa ração era composta de ovo de galinha (34,0%), molusco (10,0%), peixe marinho (10,0%), leite em pó (4,0%), farinha de trigo (2,0%), óleo de fígado de bacalhau (0,8%), suplemento vitamínico e mineral (1,4%) e água (37,8%). Os ingredientes foram pesados, misturados em liquidificador e cozidos em banho-maria até consistência de pudim. A ração foi armazenada em freezer (-18°C) e, antes de ser fornecida às larvas, pesada e passada por peneira (inox; abertura de malha = 425µm). As características nutricionais, segundo Valenti *et al.* (1998), consistiam aproximadamente de proteína bruta =45,07%, extrato etéreo =22,55%, extrativo não nitrogenado =23,55%, matéria mineral =8,83%, matéria seca original =18,29% e energia bruta =4.989,20 kcal/kg.

RESULTADOS

No primeiro estudo, observou-se que, embora o estágio inicial de fornecimento de náuplios de *Artemia* não tenha afetado significativamente a sobrevivência das larvas de *M. amazonicum* ($p>0,05$), aquelas alimentadas a partir do estágio III apresentaram menor peso seco comparativamente às alimentadas a partir dos estágios I e II ($p<0,05$) (Tabela 1). As larvas nos três tratamentos mudaram para o estágio IV.

Tabela 1. Valores médios (\pm dp) da taxa de sobrevivência e do peso seco das larvas de *M. amazonicum* no estágio IV alimentadas a partir de diferentes estágios de zoeas. Médias com letras diferentes representam diferença entre si.

Início da Alimentação	Sobrevivência (%)	Peso seco (μ g)
Estágio I	73,3 \pm 7,0 ^a	107,7 \pm 5,1 ^a
Estágio II	74,7 \pm 2,3 ^a	99,6 \pm 7,2 ^a
Estágio III	68,7 \pm 6,1 ^a	78,0 \pm 1,8 ^b

Dados médios (\pm dp) de 3 grupos com 50 larvas cada

Médias com letras diferentes são estatisticamente diferentes na variável considerada (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$)

No segundo estudo, observou-se que a dieta inerte começa ser aceita a partir do estágio IV (Figura 1); mesmo assim, apenas 23,3% das larvas apresentaram dieta inerte no tubo digestivo. No entanto, no estágio V o número de larvas ingerindo dieta inerte quase triplicou, alcançando 65,0%. A partir do estágio VI, mais de 75% da população das larvas alimentaram-se de dieta inerte. Esse percentual foi crescente, atingindo 95% no estágio IX.

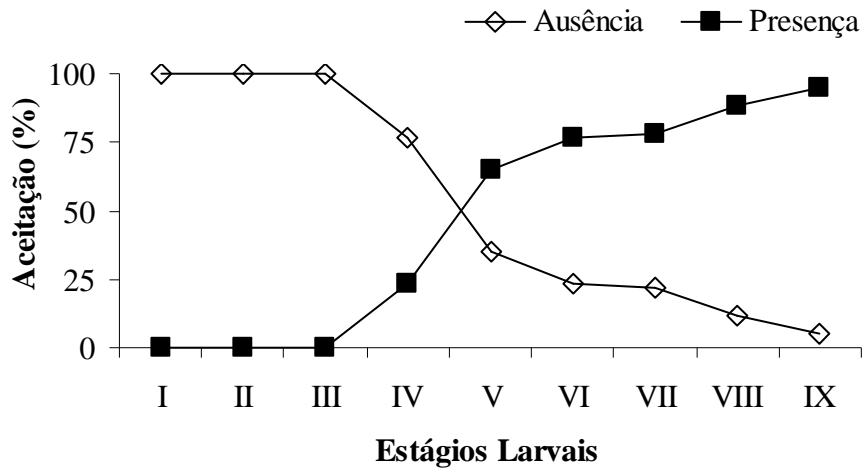


Figura 1. Frequência de aceitação de dieta inerte no tubo digestivo de *M. amazonicum* em função dos estágios larvais. Ausência = estômago e intestino vazios; Presença = estômago e/ou intestino parcialmente ou totalmente cheios.

A Figura 2 expressa dados do terceiro estudo, mostrando a incidência alimentar (IA) no tubo digestivo de *M. amazonicum* em relação a náuplios de *Artemia* ou dieta inerte e em função dos estágios larvais. Os dados apresentam interação entre incidência alimentar nos estágios larvais e tipo de alimento. A incidência de náuplios de *Artemia* no tubo digestivo variou significativamente entre os estágios larvais.

Na Figura 2 verifica-se que no primeiro estágio não foram encontrados náuplios de *Artemia* e nem dieta inerte no tubo digestivo das larvas e, que a ingestão de alimentos foi detectada apenas a partir do estágio II, composta de náuplios de *Artemia* (20%). A ingestão de alimento inerte começou no estágio III, embora com baixo percentual (14%). A incidência alimentar entre os estágios de IV ao VI foi semelhante, sendo maior a ingestão de náuplios de *Artemia* (53%). No entanto, nesses estágios, o número de larvas que se alimentaram exclusivamente de dieta inerte foi considerável (41%). A aceitação exclusiva de alimento inerte ultrapassou a de náuplios de *Artemia* a partir do estágio VII. No estágio IX ocorreu ligeira diminuição do consumo de dieta inerte e aumento de náuplios de *Artemia*.

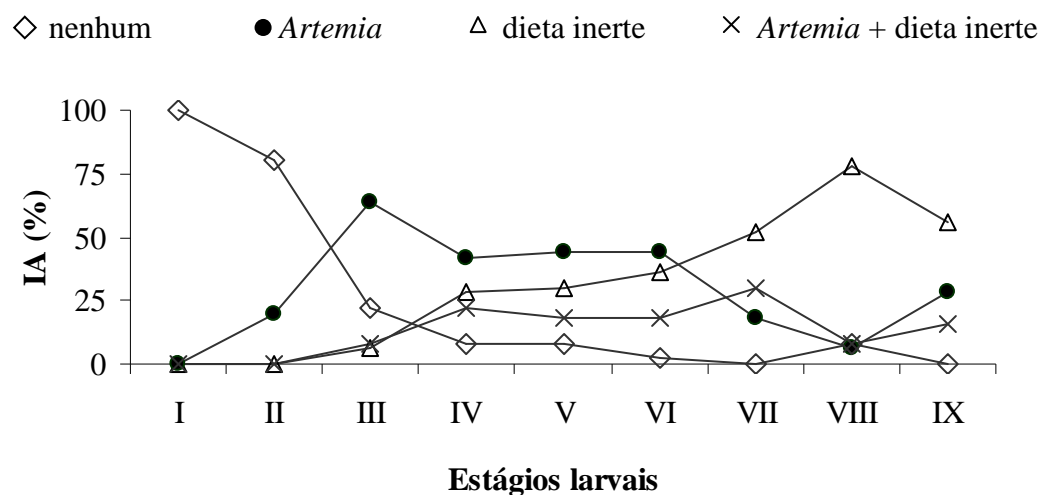


Figura 2. Incidência alimentar (IA) no tubo digestivo de larvas de *M. amazonicum* em relação a alimento inerte ou náuplios de *Artemia*, em função do estágio de desenvolvimento larval.

DISCUSSÃO

Neste trabalho verificou-se que as larvas de *M. amazonicum* começam a se alimentar com náuplios de *Artemia* a partir do estágio de zoea II, semelhante ao relatado para *M. rosenbergii* por Moller (1978) e Barros e Valenti (1997). Além disso, observou-se que o fornecimento de náuplios de *Artemia* pode ser iniciado a partir do estágio II, uma vez que não houve diferença significativa no desenvolvimento das larvas quando alimentadas a partir do estágio I ou II. Isso deve ocorrer devido à grande reserva vitelínica dessas larvas nesses dois estágios iniciais. Com isso, considerando-se os gastos que alimento vivo impõe ao sistema produtivo, pode-se recomendar que o fornecimento de náuplios de *Artemia* seja iniciado mais tardiamente, a partir do estágio II. O fato do oferecimento do alimento vivo a partir do estágio III não afetar a taxa de sobrevivência pode ser decorrente das larvas ainda possuírem reserva vitelínica. No capítulo II desta tese verificou-se que a reserva vitelínica garante a sobrevivência até o estágio IV das larvas de *M. amazonicum*, ao contrário do sugerido por Pérez (1984), de que essa reserva esgota-se no 1º ou 2º dia de cultivo, ou seja, no primeiro estágio. Por outro lado, a quantidade de reserva vitelínica não foi suficiente para as larvas de *M. amazonicum* crescerem satisfatoriamente quando náuplios de *Artemia* foram fornecidos somente no estágio III. Apesar de que poucas larvas de *M. amazonicum* no estágio II ingerem náuplios de *Artemia*, permitindo supor que as larvas não sentiram necessidade de se alimentar, indicando que a reserva supriu nutricionalmente essas.

Com relação ao estágio inicial mais adequado para a substituição do alimento vivo (náuplios de *Artemia*) pelo inerte, verificou-se que as observações em béqueres diferiram daquelas realizadas com larvas alimentadas nos tanques de larvicultura. Nos béqueres, o alimento inerte foi ingerido a partir do estágio IV enquanto que no tanque isso ocorreu mais precocemente (estágio III). Ao menos parcialmente, essa diferença pode decorrer da maior dispersão e permanência do alimento inerte na coluna d'água nos tanques, aumentando a chance da larva capturar alimento

(Barros e Valenti, 2003a), como em relação à diferença de manejo alimentar nas unidades experimentais

No presente estudo, observou-se que o consumo exclusivo de náuplios de *Artemia* por larvas de *M. amazonicum* foi maior nos primeiros estágios (II e III). Isso pode ser explicado devido o alimento vivo ficar em maior contato com a larva que a dieta inerte, pois os náuplios de *Artemia* nadam ativamente na coluna d'água, aumentando a chance de encontro pelas larvas. Barros e Valenti (1997) verificaram que a mecanorrecepção foi o principal mecanismo que as larvas de *M. rosenbergii* utilizaram nos estágios II ao IV para detectar o alimento.

O consumo de dieta inerte foi observado a partir de zoea III de *M. amazonicum*, no entanto, somente a partir do estágio IV, 50% das larvas ingeriram dieta inerte. Barros e Valenti (2003a) verificaram que metade das larvas de *M. rosenbergii* aceitou a dieta inerte a partir do estágio VII. Apesar do número de estágios de desenvolvimento dessas duas espécies serem diferentes, os dados indicam que as larvas de *M. amazonicum* se tornam omnívoras mais cedo que a espécie exótica, porque a partir das características morfológicas externas, o estágio larval IV de *M. amazonicum* equivale aproximadamente ao mesmo estágio de *M. rosenbergii*.

A maior aceitação de dieta inerte a partir do estágio IV pode ser decorrente do desenvolvimento dos apêndices torácicos. As larvas de *M. amazonicum* desenvolvem, ao longo do ciclo, antênulas, endopoditos e peças bucais, com quimiorreceptores de olfato e tato (Ache, 1982), além da acuidade visual. Assim, as larvas possivelmente a partir desse estágio puderam detectar e selecionar mais facilmente os alimentos bem como nadar em sua direção. Além disso, essas larvas consumiram mais dieta inerte do que alimento vivo nos estágios VII e VIII. Isso pode ser decorrente do aumento da acuidade visual no estágio VII, sugerido no capítulo III desta tese, ou indicar que este alimento seja mais atrativo nos últimos estágios do que os náuplios de *Artemia*. Pode refletir, também, mudança de hábito alimentar de carnívoro para omnívoro.

O maior consumo da dieta inerte nos estágios VII e VIII também pode ser devido a dificuldade de captura do alimento vivo em relação ao inerte, embora no estágio IX o consumo de náuplios de *Artemia* tenha aumentado. A melhor relação tamanho presa/predador para alimentação de *M. rosenbergii* foi considerado por Barros e Valenti (2003b) 0,2. Esses autores verificaram que a captura é dificultada quando essa relação diminui. De fato, a relação de tamanho presa/predador foi 0,08 no estágio VII de *M. amazonicum*. Estudos que visem a melhor relação do tamanho presa/predador para alimentação de larvas *M. amazonicum* precisam ser realizados para confirmação dessa hipótese.

Por outro lado, pode ter ocorrido alteração do hábito alimentar das larvas devido a mudanças na estrutura mandibular das larvas ao longo do desenvolvimento, como verificado por Jones *et al.* (1997) em *Macrobrachium*. No entanto, segundo as pranchas descritas por Pérez (1984), o formato da mandíbula permanece denteada até o estágio IX e, Jones *et al.* (1997) relacionaram esse formato da mandíbula com o hábito carnívoro. Com base nos dados do presente trabalho não se pode estabelecer essa relação, sugerindo que o formato da mandíbula nem sempre pode ser vinculado ao hábito alimentar, principalmente em larvas de *M. amazonicum*.

Outra explicação para a maior aceitação da dieta inerte a partir do estágio VII pelas larvas de *M. amazonicum* estaria relacionada com o desenvolvimento do trato digestório e atividade enzimática. No caso das larvas de *M. rosenbergii*, elas são carnívoras nos primeiros estágios, possuindo baixa concentração de amilase e tripsina (Kamarudin *et al.*, 1994 e Kumlu e Jones, 1995). No entanto, no estágio VI de *M. rosenbergii*, que corresponde ao estágio V de *M. amazonicum*, a produção de enzimas digestivas aumenta bruscamente (Kamarudin *et al.*, 1994 e Kumlu e Jones, 1995). Esse pico coincide com a redução da reserva vitelínica, aumento do hepatopâncreas e dos divertículos no intestino médio proximal de *M. rosenbergii* (Jones *et al.*, 1993; Kumlu e Jones, 1995 e Lavens *et al.*, 2000). Esse desenvolvimento possivelmente ocorre no trato digestório de *M. amazonicum*, o que poderia explicar a baixa aceitação de dieta inerte nos primeiros estágios (II e

III) e maior consumo em relação aos náuplios a partir do estágio VII. De acordo com essa hipótese, os estágios de IV a VI talvez sejam de transição, o que explicaria a participação de ingestão dos dois tipos de alimento, vivo e inerte. Pesquisas que visem investigar a formação de glândulas e células epiteliais secretoras ao longo do desenvolvimento larval de *M. amazonicum* poderiam corroborar essa hipótese.

No estágio IX, ao contrário da tendência de aumento do consumo de dieta inerte ao longo do desenvolvimento de *M. amazonicum* ocorreu sensível diminuição da ingestão de alimento inerte e aumento de náuplios de *Artemia*. Segundo Barros *et al.* (2003a), isso pode ser decorrente de maior busca de diversidade bioquímica no estágio antecedente à metamorfose. No entanto, como foi verificado no capítulo II da presente tese, as larvas de *M. amazonicum* conseguiram se metamorfosear mesmo submetidos à inanição.

Pode-se concluir que o fornecimento de náuplios de *Artemia* antes do estágio II e dieta inerte antes do III não é necessário, representando aumento do custo de produção e podendo, inclusive, prejudicar a qualidade da água. Entre os estágios IV e VI, a alimentação com náuplios de *Artemia* é fundamental. A partir do estágio VII (11º dia de cultivo), o fornecimento de dieta inerte se torna mais importante que de náuplios de *Artemia*, sugerindo que o alimento vivo pode ser substituído por dieta inerte a partir desse estágio. Estudos futuros poderão confirmar essa hipótese. Isso pode representar grande economia de custos de *Artemia*, que atualmente contribui com mais de 50% dos custos variáveis numa larvicultura comercial (New, 2002).

REFERÊNCIAS

ACHE, B. Chemoreception and thermoreception. In: ATWOOD, H.L.; SANDERMAN, D.C. **The Biology of Crustacea**. New York: Academic Press, 1982, v. 3, cap. 8, p. 369-398.

BARRETO, A.V.; SOARES, C.M.A. Produção de pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda; Palaemonidae), sob condições controladas de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 51-53, 1982.

BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Comportamento alimentar do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval: análise quantitativa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 785-793, 1997.

BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. **Aquaculture**, v. 216, p. 165-176, 2003a.

BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 217, p. 223-233, 2003b.

CORREIA, E.S.; SUWANNATOUS, S.; NEW, M.B. Flow-through hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 5, p. 52-68.

DANIELS, W.H.; D'ABRAMO, L.R.; PARSEVAL, L.D. Design and management of a closed, recirculating "clearwater" hatchery system for freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879. **Journal of Shellfish Research**, v. 11, p. 65-73, 1992.

GAMBA, A.L. Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda: Crustacea) in Venezuelan continental lagoon. **Internatinal Journal Invertebrate Reproduction and Development**, v. 7, p. 135-142, 1984.

- GUEST, W.C. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 37, n. 2, p. 141-152, 1979.
- GUEST, W.C.; DUROCHER, P.P. Palaemonid shrimp, *Macrobrachium amazonicum*: Effects of salinity and temperature on survival. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 41, n. 1, p. 14-18, 1979.
- JONES, D.A.; KAMARUDIN, S.; LE VAY, L. The potential for replacement of live feeds in larval culture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 24, n. 2, p. 199-210, 1993.
- JONES, D.A.; YULE, A.B.; HOLLAND, D.L. Larval Nutrition. In: D'ABRAMO, L.R.; CONKLIN, D.E.; AKIYAMA, D.M. **Crustacean Nutrition: Advances in World Aquaculture**. V. 6. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 1997. p. 353-389.
- KAMARUDIN, M.S.; JONES, D.A.; VAY, L.; ABIDIN, A.Z. Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 123, p. 323-333, 1994.
- KUMLU, M.; JONES, D.A. Feeding and digestion in the caridean shrimp larva *Palaemon elegans* Rathke and *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea; Palaemonidae) on live and artificial diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 1, p.3-12, 1995.
- KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. Culture of other prawn species. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 21, p. 393-410.
- LAVENS, P.; THONGROD S.; SORGELOOS, P. Larval prawn feeds and the dietary importance of *Artemia*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 7, p. 91-110.

LOBÃO, V.L.; ROJAS, N.E.T.; BARROS, H.P.; LACE, M.; HORIKAWA, M.T.; LULA, L.A.B.M. Determinação de densidade adequadas para a larvicultura de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Boletim Instituto de Pesca**, v.14, p. 45-49, 1987.

LOYA-JAVELLANA, G. Ingestion saturation and growth responses of *Penaeus monodon* larvae to food density. **Aquaculture**, v. 81, p. 329-336, 1989.

MAGALHÃES, C. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da região Amazônica. I. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea; Decapoda). **Amazoniana**, v. 9, n. 2, p. 247-274, 1985.

MAGALHÃES, C.; WALKER, I. Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimp (Decapoda, Caridea). **Crustaceana**, v. 55, n. 3, p.279-292, 1988.

MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, G.S.; MOREIRA, P.S. The effect of on respiratory metabolism, survival and moulting in first zoea of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea; Decapoda). **Hydrobiologia**, v. 101, p. 239-242, 1983.

MOLLER, T.H. Feeding Behaviour of larvae and post-larvae of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea; Palaemonidae). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 35, p. 251-258, 1978.

MOREIRA, G.S.; MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, P.S. The effect of salinity on upper thermal limits of survival and metamorphosis during larval development in *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 50, n. 3, p. 231-238, 1986.

MOREIRA, L.C.; ODINETZ-COLLART, O. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago na Amazônia Central, Ilha do Careiro, Brasil. **Amazoniana**, v. 12, n. 3/4, 385-398, 1993.

NEW, M.B. **Farming freshwater prawns: A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)**. n. 428. Rome: FAO, 2002. 212p.

PÉREZ, L.A.V. **Desenvolvimento larval de *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1839), *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) e *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em laboratório**. 1984. 277 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

ROJAS, N.E.T.; LOBÃO, V.L.; BARROS, H.P. Métodos de manutenção de larvas de *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 17, p. 15-26, 1990.

SOLORZANO, L. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. **Limnology and Oceanography**, v. 14, p. 799-801, 1969.

SORGELOOS, P.; LÉGER, PH. Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 23, p. 251-264, 1992.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis**. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. 310 p.

VALENTI, W.C. 1985. 2ª ed. **Cultivo de camarões de água doce**. São Paulo: Nobel. 82p.

VALENTI, W.C.; MALLASEN, M.; SILVA, C.A. Larvicultura em sistema fechado dinâmico. In: VALENTI, W.C. **Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia Para a Produção de Camarões**. Brasília: IBAMA-FAPESP, 1998. cap. 6, p. 115-143.

VALENTI, W.C.; DANIELS, W.H. Recirculation hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 6, p. 69-90.

VALENTI, W.C. The Potential for *Macrobrachium amazonicum* Culture. In. World Aquaculture 2003, 2003, Salvador. **Book of Abstracts**. Salvador. World Aquaculture Society, 2003. p. 804.

VALENTI, W.C. Camarão de Água Doce como agronegócio. In: Aqua Ciência 2004, 1., 2004, Vitória,. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática (Aquabio), 2004. p. 52.

ZANDERS, I.P.; RODRÍGUEZ, J.M. Effects of temperature and salinity stress on osmoionic regulation in adults and on oxygen consumption in larvae and adults of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea; Decapoda). **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 101, n. 3, p. 505-509, 1992.

Capítulo V

DESENVOLVIMENTO LARVAL DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA,

Macrobrachium amazonicum, SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES ALIMENTARES

ABSTRACT

Effects of feeding regimes on development, growth, survival, productivity and digestive tract content in *M. amazonicum* larviculture were investigated. Larvae were observed from stage II to IX and fed one of the following diets: AI = *Artemia* nauplii + inert diet; AI_V = *Artemia* nauplii for every larval cycle; inert diet from stage V; A_{II-IV}I_{IV} = *Artemia* nauplii until stage IV + inert diet from stage IV; and I = only inert diet. Each treatment was carried out in three rectangular black tanks set up in a closed recirculated system filled with 50-L water (10‰ salinity; 81.8±0.8 larvae/L). The larval stage index, occurrence of *Artemia* nauplii and/or inert food in the digestive tract, survival (number of larvae and postlarvae), productivity (number of post larvae/L) and weight gain (mg) were evaluated. The *Artemia* nauplii were ingested by larvae in all developmental stages, while inert food was ingested only from stage III in treatment I, from stage IV in treatments AI and A_{II-IV}I_{IV}, and at stage V in treatment AI_V. The weight gain was similar among all the treatments ($p>0.05$), but in treatment I survival and productivity were impaired ($p<0.05$) and larval development delayed. The total replacement of *Artemia* nauplii by inert food from stage V did not affect larval development. These results suggest *Artemia* nauplii supply until stage IV and inert food from stage V.

RESUMO

Avaliou-se o efeito de regimes alimentares no desenvolvimento, na incidência alimentar no tubo digestivo, na sobrevivência, na produtividade e no crescimento na larvicultura de *M. amazonicum*. As larvas foram observadas entre os estágios II e IX e alimentadas com uma das seguintes dietas: AI = náuplios de *Artemia* + dieta inerte; AI_V = náuplios de *Artemia* por todo o período; dieta inerte a partir do estágio V; A_{II-IV}I_{IV} = náuplios de *Artemia* até o estágio IV + dieta inerte a partir do estágio IV; e I = somente dieta inerte. Cada tratamento foi conduzido em três tanques retangulares pretos (50L de água a 10‰, 81,8±0,8 larvas/L) em sistema fechado. Foram avaliados o índice de estágio larval, a incidência de náuplios de *Artemia* e dieta inerte no tubo digestivo, a sobrevivência (nº de larvas e de pós-larvas), a produtividade (nº de pós-larvas/L) e o ganho de peso (mg). Os náuplios de *Artemia* foram ingeridos em todos os estágios de desenvolvimento, enquanto o alimento inerte foi ingerido apenas a partir do estágio III no regime I, a partir do estágio IV nos tratamentos AI e A_{II-IV}I_{IV} e no estágio V no tratamento AI_V. O ganho de peso foi semelhante ($p>0,05$) em todos os regimes alimentares testados, mas o regime alimentar I prejudicou a taxa de sobrevivência e a produtividade ($p<0,05$), além de atrasar o desenvolvimento larval. A substituição total de náuplios de *Artemia* por dieta inerte a partir do estágio V não afetou negativamente o desenvolvimento larval. Esses dados sugerem a possibilidade de fornecimento de náuplios de *Artemia* até o estágio IV e a partir do estágio V.

INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões de água doce cresceu muito nos últimos anos, com a produção mundial atingindo 300.000 toneladas no ano de 2001 (Valenti, 2004). *Macrobrachium rosenbergii* é a espécie mais cultivada no mundo (Valenti, 2004). Essa espécie foi introduzida no Brasil na década de 70 e se adaptou bem a condição climática em certas regiões do país. No entanto, a liberação acidental na natureza de uma espécie exótica pode ocasionar problemas ambientais. O perigo não decorre apenas do fato de ser espécie alopátrica competidora, mas também do potencial para trazer microfauna e microflora associadas, cuja disseminação pela água pode ser inevitável. Por essas razões, apesar do grande potencial comercial de *M. rosenbergii*, pesquisas com espécies cultiváveis e nativas no Brasil devem ser desenvolvidas.

Entre as espécies nativas, *Macrobrachium amazonicum* é considerada a espécie com maior potencial de cultivo (Kutty *et al.*, 2000; Valenti, 2003). Essa espécie é amplamente distribuída na América Latina, sendo encontrada em estuários e regiões interiores. Apesar de ter menor porte que *M. rosenbergii*, a sua carne possui textura firme e sabor mais acentuado do que a da espécie exótica (Valenti, 2003), tendo no mercado do Norte e Nordeste do Brasil muita aceitação. Esta espécie possui alto desenvolvimento com rápido crescimento (Kutty *et al.*, 2000), rusticidade e resistência, além de fácil reprodução em cativeiro (Valenti, 1985), ciclo larval mais curto que *M. rosenbergii* (20 a 25 dias) (Guest, 1979) e alta sobrevivência.

Alguns pesquisadores já realizaram trabalhos com larvas de *M. amazonicum* (Guest, 1979; Guest e Durocher, 1979; Barreto e Soares, 1982; Mcnamara *et al.*, 1983; Gamba, 1984; Pérez, 1984; Magalhães, 1985; Moreira *et al.*, 1986; Lobão *et al.*, 1987; Magalhães e Walker, 1988; Rojas *et al.*, 1990; Zanders e Rodríguez, 1992; Moreira e Odinetz-Collart, 1993). No entanto, condições ideais para larvicultura ainda não foram encontradas. A tecnologia de cultivo baseia-se na empregada para o *M. rosenbergii*, o que pode resultar em medidas nem sempre adequadas (Valenti e Daniels, 2000).

Na larvicultura de crustáceos, a alimentação é um dos fatores cruciais. A estratégia alimentar precisa ser baseada no comportamento e exigências nutricionais de cada organismo (Loya-Javellana, 1989; Sorgeloos e Léger, 1992; Lavens *et al.*, 2000). No entanto, informações sobre processos digestivos e necessidades nutricionais de larvas de camarão de água doce são pouco conhecidas (Kamarudin *et al.*, 1994). Além disso, larvas de camarões de água doce passam por diferentes estágios de desenvolvimento com mudanças nas necessidades nutricionais, morfofisiológicas e comportamentais ao longo do ciclo (Loya-Javellana, 1989; Sorgeloos e Léger, 1992; Laves *et al.*, 2000).

Alguns autores acreditam que náuplios de *Artemia* não suprem todas as necessidades nutricionais das larvas nos últimos estágios de *M. rosenbergii* (Alam *et al.*, 1995; Valenti *et al.*, 1998; Valenti e Daniels, 2000). Assim a suplementação nutricional ou substituição com dietas formuladas é vista como alternativa importante (Kovalenko *et al.*, 2002; Barros e Valenti, 2003a). Além disso, alguns problemas com cistos de *Artemia* permanecem devido a sazonalidade na composição nutricional e disponibilidade, introdução de patógenos no sistema de cultura e altos custos para aquisição e com infra-estrutura e mão de obra na preparação (Kovalenko *et al.*, 2002).

O manejo alimentar utilizado na larvicultura de *M. amazonicum* foi definido de forma empírica e até o presente consiste no fornecimento de náuplios de *Artemia* durante todo ciclo larval e adição de dieta inerte a partir do estágio V (Setor Carcinicultura, CAUNESP). No entanto, com base nas conclusões do capítulo IV, definiu-se diferentes regimes alimentares e avaliou-se o desenvolvimento larval e a aceitação de alimento vivo e inerte pelas larvas de *M. amazonicum* submetidas a esses regimes alimentares, com o intuito de substituir o alimento vivo pelo inerte.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições Gerais

Este trabalho foi conduzido na Universidade Estadual Paulista – UNESP, no Laboratório de Biologia de Crustáceos do Centro de Aqüicultura da UNESP (Jaboticabal, SP, Brasil). As larvas foram obtidas de fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* originárias dos viveiros de reprodutores do Setor de Carcinicultura do CAUNESP. Larvas recém eclodidas foram estocadas em média 20 dias em 12 tanques retangulares (70L) com 50L de água salobra a 10‰ na densidade $81,8 \pm 0,8$ larvas/L. O regime de luz foi de 12h claro: 12h escuro. Os tanques foram providos de termostatos, aeração constante, filtros biológicos internos e sistema fechado de recirculação de água.

A qualidade da água foi mantida dentro do recomendado por Correia *et al.* (2000) para *M. rosenbergii* e não variou entre os tratamentos. Isso foi assegurado pelo sifonamento diário de excretas e restos de alimentos. A temperatura foi monitorada duas vezes por dia (manhã e tarde) e os valores de pH, oxigênio dissolvido, salinidade, teor de amônia (método descrito por Solorzano, 1969) e de nitrito (método descrito por Strickland e Parsons, 1972) duas vezes por semana.

A temperatura nos tanques foi em média ($\pm dp$) $30,1 \pm 0,4^\circ C$, o pH $8,0 \pm 0,1$ e a salinidade $10,3 \pm 0,3\text{‰}$, nos respectivos tanques. A concentração em média ($\pm dp$) de amônia foi $75,7 \pm 9,7 \mu g/L$, de nitrito $57,3 \pm 7,2 \mu g/L$ e de oxigênio dissolvido $6,30 \pm 0,41 mg/L$.

Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi totalmente casualizado com quatro tratamentos (regimes alimentares) e três repetições. As larvas, entre os estágios II e IX, receberam um dos regimes: AI = náuplios de *Artemia* + dieta inerte por todo o período de observação; AI_V = náuplios de *Artemia* por todo o período; dieta inerte a partir do estágio V; A_{II-IV}I_{IV} = náuplios de *Artemia* até o estágio IV + dieta inerte a partir do estágio IV; I = somente dieta inerte por todo o período de observação.

Para cada tratamento foram determinados o desenvolvimento larval e a incidência alimentar no tubo digestivo em cada estágio, a sobrevivência (nº de larvas e de pós-larvas), a produtividade (nº de pós-larvas/L) e o ganho de peso (mg) na larvicultura do *M. amazonicum*.

Procedimentos Específicos

Em todos os tratamentos as larvas foram alimentadas a partir do estágio II. Nos tratamentos AI e AI_V a dieta inerte foi fornecida duas vezes pela manhã (8:30 e 11:30h). Nos regimes A_{II-IV}I_{IV} e I a dieta inerte foi servida cinco vezes ao dia (8:30, 11:30, 14:30, 17:30 e 20:30h). Nos tratamentos AI, AI_V e A_{II-IV}I_{IV} os náuplios de *Artemia* foram fornecidos uma vez ao dia, no final da tarde. Forneceu-se, inicialmente, 0,4 mg de dieta inerte por larva, essa quantidade foi ajustada conforme a sobra do alimento no fundo do tanque, e 5 náuplios de *Artemia*/mL, que aumentou gradativamente ao logo do ciclo, fornecendo-se, ao final, 15 náuplios de *Artemia*/mL.

A dieta inerte utilizada foi ração úmida (Valenti e Daniels, 2000) preparada no Setor de Carcinicultura do CAUNESP. Essa dieta inerte é constituída de ovo de galinha (34,0%), molusco (10,0%), peixe marinho (10,0%), leite em pó (4,0%), farinha de trigo (2,0%), óleo de fígado de bacalhau (0,8%), suplemento vitamínico e mineral (1,4%) e água (37,8%). Os ingredientes foram pesados, misturados em liquidificador e cozidos em banho-maria até consistência de pudim. Posteriormente, a dieta inerte foi dividida em porções e armazenada em freezer a -18°C. Antes do fornecimento às larvas, esta foi pesada e passada por peneira de inox de abertura de malha 425µm.

O valor nutricional da dieta, segundo Valenti *et al.* (1998), é o seguinte: proteína bruta = 45,07%, extrato etéreo = 22,55%, extrativo não nitrogenado = 23,55%, matéria mineral = 8,83%, matéria seca original = 18,29% e energia bruta = 4.989,20 kcal/kg.

Coleta de Dados

1) Incidência de Alimento no tubo digestivo

Para verificar a aceitação dos alimentos pelas larvas no decorrer do desenvolvimento, determinou-se a Incidência alimentar (IA). Esta foi avaliada pela análise do tubo digestivo das larvas e os conteúdos ingeridos foram classificados em a) náuplios de *Artemia*, b) dieta inerte, c) *Artemia* + dieta inerte e d) nenhum (totalmente sem alimento).

Quinze minutos após o fornecimento da dieta inerte, 10 larvas no mesmo estágio foram retiradas de todos os tanques e observadas sob estereomicroscópio para determinação da Incidência Alimentar. As larvas quando alimentadas apenas com náuplios de *Artemia* também foram analisadas a fim de verificar a aceitação desse alimento. O cálculo do IA, feito para cada estágio larval, consistiu do número de larvas que ingeriram determinado alimento, dividido pelo número de larvas observadas.

2) Índice de Estágio Larval

O desenvolvimento larval foi avaliado diariamente por meio da identificação do estágio larval (segundo Guest, 1979), sob estereomicroscópio, retirando 10 larvas de cada tanque. O índice foi calculado utilizando a fórmula abaixo:

$$\text{Índice de estágio larval} = \frac{\sum E \times Ne}{N}$$

onde E= nº do estágio larval; Ne=nº de larvas no estágio, e N= nº de larvas observadas (segundo Manzi *et al.*, 1977).

3) *Sobrevivência, produtividade e ganho de peso*

No final do experimento, foram estimadas a taxa de sobrevivência (total de larvas e pós-larvas vivas) e a produtividade (número de pós-larvas/L). Para análise do ganho de peso seco, foram coletadas 300 zoeas I do início do experimento e 50 pós-larvas recém-metamorfoseadas de cada tanque no dia da despesca. As zoeas I e as pós-larvas foram lavadas em água destilada, secas em papel de filtro e transferidas para 10 cartuchos de papel alumínio pré-pesados. Os cartuchos foram levados à estufa (60°C) por 24h, ao dessecador por mais duas horas e pesados em balança analítica (precisão de 1 µg). O ganho de peso foi calculado pela subtração do peso médio das pós-larvas e das zoeas I.

Análise Estatística

As comparações de ganho de peso, sobrevivência e produtividade entre os tratamentos foram feitas por Análise de Variância (ANAVA), seguidas pelo teste de Tukey, quando significativas ($p < 0,05$). O mesmo procedimento estatístico foi usado para análise do IA, porém comparando-se esse índice dentro de cada estágio larval e dentro de cada regime alimentar. As análises foram feitas no “Statistical Analysis System - SAS” (versão 8.02). Para essas análises, os dados de porcentagem de taxa de sobrevivência e de IA foram transformados por arcoseno da raiz quadrada. Os índices de estágio larval foram avaliados por análise descritiva.

RESULTADOS

Na Figura 1 são apresentados a Incidência Alimentar (IA) nos quatro regimes alimentares. No estágio II as larvas não ingeriram dieta inerte quando essa foi oferecida no regime AI e, cerca de 25% das larvas ingeriram náuplios de *Artemia* nos regimes AI, AI_V e A_{II-IV}I_{IV}. No regime AI, maior quantidade de larvas continuaram aceitando mais o alimento vivo do que a dieta inerte nos estágios

III e IV. A partir dos estágios V (AI e AI_V) e IV (A_{II-IV}I_{IV}), mais de 50% das larvas de *M. amazonicum* nos tratamentos que receberam dietas viva e inerte consumiram dieta inerte (somando-se consumo exclusivo ou conjunto com *Artemia*). Nos tratamentos A_{II-IV}I_{IV} e I, mais de 84% das larvas consumiram dieta inerte quando esse foi o único alimento fornecido (Figura 1).

◇ nenhuma ● *Artemia* △ dieta inerte × *Artemia* + dieta inerte

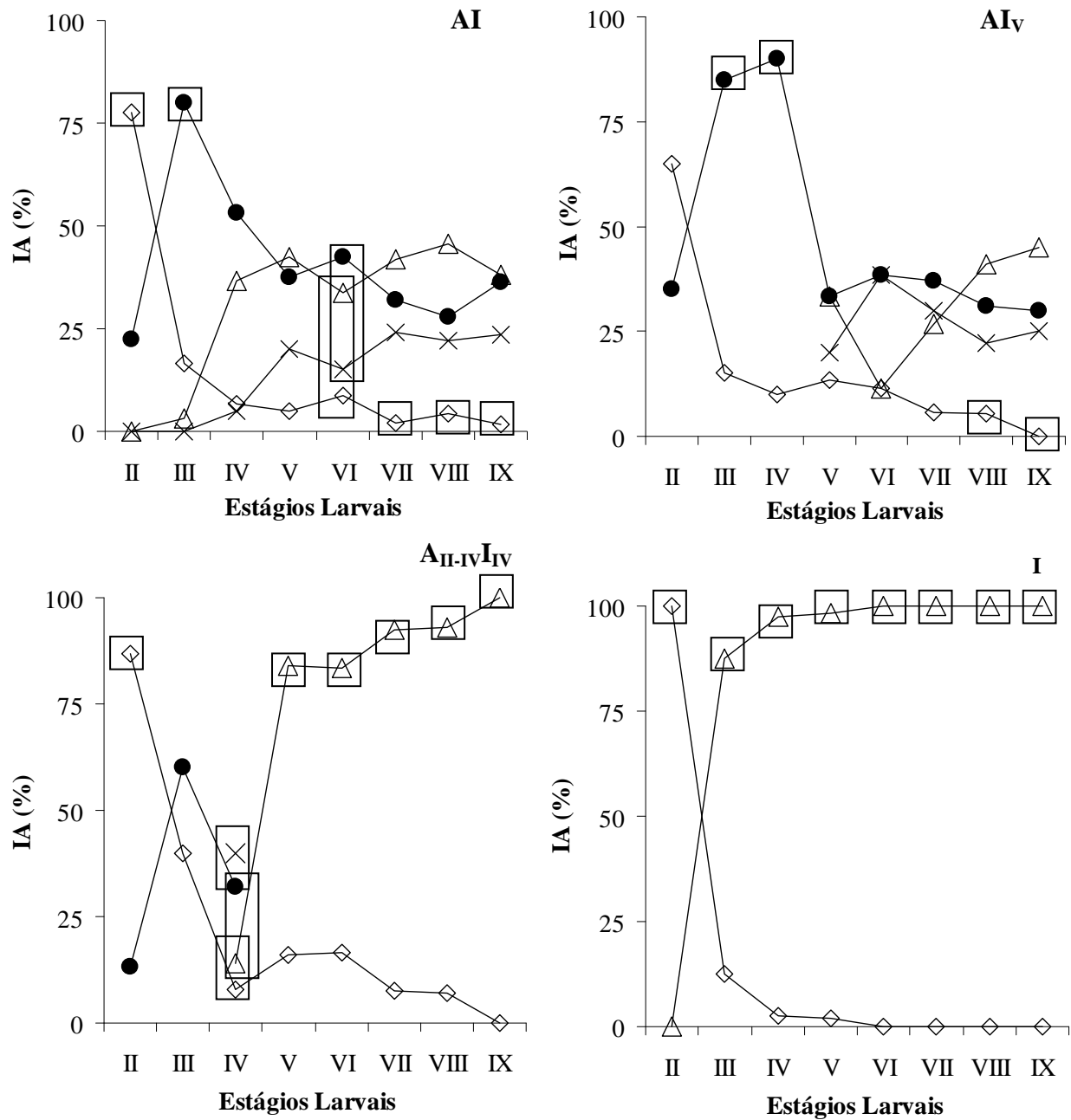


Figura 1. Incidência alimentar (IA %) de náuplios de *Artemia* e dieta inerte no tubo digestivo de larvas de *M. amazonicum* nos estágios larvais sob diferentes regimes alimentares. As áreas delimitadas indicam diferença significativa em um mesmo estágio (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).

As larvas no regime I (só ração) tiveram menores índices de estágio larval a partir do quinto dia, mantendo-se baixo até o final das observações (Figura 2). A maioria das larvas permaneceu no estágio IV do 7º até o 13º dia, refletindo nesses dias índice de estágio larval abaixo de 5. A partir do 13º dia, as larvas desse tratamento apresentaram maior heterogeneidade no desenvolvimento, variando entre os estágios V e VII. Os demais tratamentos apresentaram índice de estágio larval semelhante entre si (Figura 2).

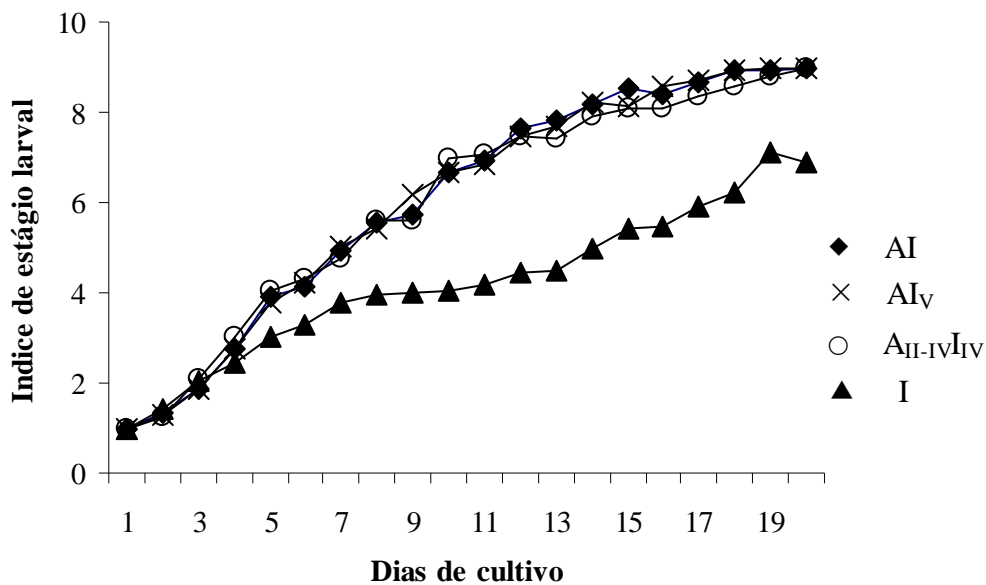


Figura 2. Índice de estágio larval nos regimes alimentares durante a larvicultura de *M. amazonicum*.

A taxa de sobrevivência e a produtividade foram significativamente mais baixas no regime alimentar I do que nos demais tratamentos (Figura 3). Houve grande variabilidade na sobrevivência e na produtividade nos três regimes que se forneceu náuplios de *Artemia* nos primeiros estágios, não ocorrendo diferença estatística entre os tratamentos ($p > 0,05$). Os valores obtidos no regime A_{II-IV}I_{IV} foram menores, a produtividade variou entre 14,3 e 45,7 pós-larvas/L (média = 34,8 pós-larvas/L). O ganho de peso foi semelhante entre todos os tratamentos ($p > 0,05$; Figura 3).

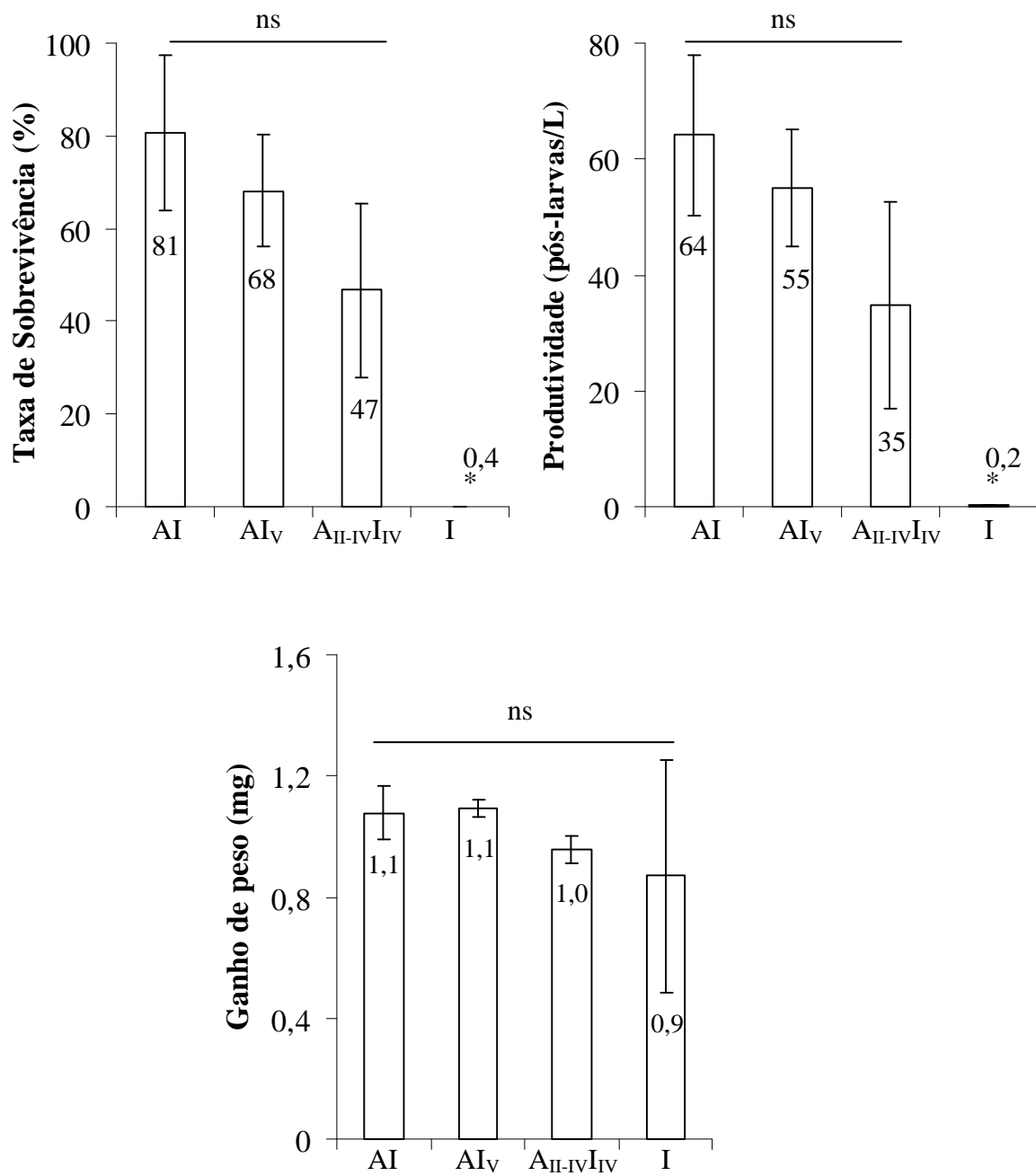


Figura 3. Valores médios (\pm dp) de produção de pós-larvas de *M. amazonicum* cultivadas com diferentes regimes alimentares. n.s. = diferença não significativa. (ANAVA, Tukey, $p > 0,05$); * = diferença significativa (ANAVA, Tukey, $p < 0,05$).

DISCUSSÃO

No presente estudo foi constatado que o fornecimento de náuplios de *Artemia* é essencial no início do desenvolvimento de larvas de *M. amazonicum*. A ausência dos náuplios de *Artemia* nos primeiros estágios (II ao IV) (regime I) resultou em baixa sobrevivência e produtividade, além de atraso no desenvolvimento larval, observado à partir do quinto dia de cultivo (estágio III), e conseqüentemente, prolongamento do ciclo larval. Os dados indicaram que náuplios de *Artemia* provavelmente possuem os nutrientes essenciais para as larvas de *M. amazonicum* se desenvolverem até o estágio IV, além de poder contribuir com enzimas exógenas. Estudos com larvas de *M. rosenbergii* também revelaram fracassos na substituição total do alimento vivo nos primeiros estágios (Lavens *et al.*, 2000). Segundo alguns autores, esses fracassos não são devidos a deficiências nutricionais das dietas artificiais, mas ao sistema digestório pouco desenvolvido, com baixa concentração de enzimas proteolíticas (Kamarudin *et al.*, 1994; Kumlu e Jones, 1995). No entanto, ainda não se tem conhecimento se as enzimas exógenas provindas dos náuplios de *Artemia* auxiliam diretamente na digestão ou, se potencializam a atuação das enzimas já produzidas pelas larvas de camarão de água doce.

Para substituir totalmente o alimento vivo em larviculturas de camarões de água doce, dietas artificiais precisariam ser altamente digestíveis (Jones *et al.*, 1993), nutricionalmente adequadas com diâmetro compatível com o tamanho das peças bucais. Entretanto, as exigências nutricionais de larvas de camarões de água doce são pouco conhecidas (Lavens *et al.*, 2000). Neste trabalho, verificou-se que o diâmetro da partícula da dieta inerte parece adequado (425 μ m), visto que 80% das larvas aceitaram o alimento a partir do estágio III no regime I. Acredita-se a dieta inerte provavelmente não supriu as necessidades nutricionais das larvas. Com o conhecimento das exigências nutricionais das larvas de *M. amazonicum* e utilização de dieta inerte balanceada talvez, os resultados poderiam favorecer a substituição total do alimento vivo.

Algumas larvas conseguiram superar essa fase sem fornecimento de náuplios de *Artemia*, cresceram e se metamorfosearam em pós-larvas. Possivelmente, estas supriram as carências nutricionais alimentando-se de outras larvas. Outra explicação seria de que possuíam maior quantidade e qualidade de reserva vitelínica que as demais e, conseqüentemente, seriam mais resistentes. De fato, as larvas conseguem se manter somente com a reserva vitelínica até os estágios IV e V (Capítulo II desta tese), tanto que no regime I não se observou mortalidade nesses estágios. Acredita-se que as larvas foram morrendo ao longo do experimento.

A baixa ingestão de alimento no estágio II de *M. amazonicum* pode ser explicada pela grande reserva vitelínica ainda presente nesse estágio, (observação pessoal), suprimindo suas exigências metabólicas das larvas, embora Pérez (1984) tenha verificado que a reserva vitelínica esgota-se no 1º ou 2º dia de cultivo (primeiro estágio). Outra explicação à baixa aceitação de alimento no estágio II, seria o tamanho dos náuplios de *Artemia* e das partículas de dieta inerte não serem compatíveis com o tamanho das peças bucais das zoeas II. No entanto, no estágio II de *M. amazonicum* o valor dessa relação é cerca de 0,17, muito próxima da melhor relação indicada por Barros e Valenti (2003b) para a alimentação de larvas de *M. rosenbergii* (0,20), sugerindo que essa hipótese é pouco provável. Entretanto, a melhor relação do tamanho presa/predador para larvas *M. amazonicum* não foi determinado.

Nos estágios II ao IV de *M. amazonicum* a aceitação de náuplios de *Artemia* é maior, mesmo havendo alimento inerte, apesar de semelhantes ($p > 0,05$) a incidência alimentar nos estágios II e IV (regime AI). Isso pode ser decorrente dos náuplios de *Artemia* ficarem mais em contato com a larva que a dieta inerte, por nadarem ativamente na coluna d'água facilitando e aumentando a chance de captura. Barros e Valenti (1997) verificaram que as larvas de *M. rosenbergii* nos estágios II a VI detectam alimento principalmente por mecanorrecepção.

A partir do estágio V de *M. amazonicum* pode ter ocorrido mudança de hábito alimentar, quando mais 50% das larvas aceitaram dieta inerte e se tornam mais omnívoras quando os dois

alimentos estavam presentes. Barros e Valenti (2003a) também verificaram essa mudança a partir do estágio VII de *M. rosenbergii*. Essa mudança alimentar pode estar relacionada a mudanças morfofisiológicas ao longo do desenvolvimento. Em larvas de *M. rosenbergii*, a partir do estágio VI, ocorre aumento brusco das enzimas proteolíticas (Kamarudin *et al.*, 1994; Kumlu e Jones, 1995), redução da reserva vitelínica, aumento do hepatopâncreas e dos divertículos na porção proximal do tubo digestivo médio (Jones *et al.*, 1993; Kumlu e Jones, 1995; Lavens *et al.*, 2000). Possivelmente, a mudança de hábito alimentar de larvas de *M. amazonicum*, a partir do estágio V, esteja relacionada a esse desenvolvimento. Contudo, a mandíbula dessa espécie não se arredonda nos últimos estágios, permanecendo denteada ao longo do desenvolvimento (Pérez, 1984). Jones *et al.* (1997) relacionaram o formato denteado da mandíbula de *Macrobrachium* com o hábito carnívoro. No entanto, com base nos dados do presente trabalho não foi possível estabelecer essa relação, sugerindo que o formato da mandíbula nem sempre possa ser vinculado ao hábito alimentar, ou que a finalidade da mandíbula denteada não seja somente a de rasgar o alimento. Estudos morfológicos detalhados e das enzimas digestivas ao longo do desenvolvimento larval de *M. amazonicum* poderão confirmar essas hipóteses.

O aumento do número de larva que aceitaram a dieta inerte, a partir do estágio V, pode estar relacionado ao desenvolvimento das antênulas, endopoditos e peças bucais, os quais possivelmente possuem quimiorreceptores de olfato e tato (Ache, 1982). Assim, a mecanorrecepção passa a não ser mais o principal mecanismo para perceber a presença do alimento. Com o desenvolvimento desses apêndices, as larvas de *M. amazonicum* podem detectar e selecionar mais facilmente os alimentos, bem como nadar em sua direção. O desenvolvimento desses apêndices também pode permitir que a larva busque outras fontes de nutrientes, resultando em maior diversidade bioquímica, importante ao desenvolvimento (Barros e Valenti, 1997).

Os dados deste trabalho permitem ressaltar que a maior ingestão de alimento inerte ou vivo apresentada pelas larvas de *M. amazonicum* podem não indicar uma preferência alimentar, mas ser

decorrência das condições para captura da presa. Nos estágios II ao IV, as larvas ingeriram preferencialmente náuplios de *Artemia* no regime AI, mesmo estando a dieta inerte disponível. Já após o estágio V mais de 50% das larvas consumiram dieta inerte, mesmo quando os náuplios de *Artemia* também foram fornecidos nos regimes AI, AI_V e A_{II-IV}I_{IV} e a partir dos estágios VII nos regimes AI e AI_V, respectivamente, foi predominante o consumo exclusivo de dieta inerte. Contudo, a partir dos estágios III (regime I) e V (regime A_{II-IV}I_{IV}) mais de 80% das larvas consumiram a dieta inerte quando era o único alimento disponível.

Não houve diferença significativa na sobrevivência e na produtividade, nos regimes AI, AI_V e A_{II-IV}I_{IV}, porém grande variabilidade observada nos tratamentos pode ter influenciado as análises. Isso foi, possivelmente, decorrente de problemas de manejo, pois os parâmetros da qualidade da água se mantiveram constantes e dentro do recomendado por Correia *et al.* (2000). No entanto, pode-se notar que os valores da taxa de sobrevivência e produtividade no regime AI foram sensivelmente mais altos que no regime AI_V. Isso pode ter sido devido à maior disponibilidade de nutrientes nos primeiros estágios (II ao IV), apesar das larvas terem consumido pouco dieta inerte nos estágios II e III, ou ao maior desenvolvimento da capacidade de assimilação e captura dos alimentos desde os primeiros estágios.

Os resultados do presente trabalho indicaram que o fornecimento dos náuplios de *Artemia* a partir do estágio V de *M. amazonicum* parece não ser essencial para o desenvolvimento das larvas. De fato, o índice de estágio larval e o ganho de peso no regime A_{II-IV}I_{IV} foram similares aos valores encontrados nos tratamentos AI e AI_V, apesar de não ter sido avaliado o estado de saúde das larvas. Esses dados são corroborados por Kovalenko *et al.* (2002) que verificaram alta sobrevivência de larvas de *M. rosenbergii* com a substituição de náuplios de *Artemia* por dieta inerte do estágio V ao VIII. Além disso, a baixa produtividade encontrada no regime A_{II-IV}I_{IV} pode ser compensada economicamente com a redução de custos com custos de *Artemia*. Apesar de que, considerando a produtividade de duas repetições que obtiveram valores mais próximos dentro do mesmo

tratamento, as médias foram 45,1 pós-larvas/L no regime A_{II-IV}I_{IV}, 50,0 pós-larvas/L no regime AI_V e 56,3 pós-larvas/L no regime AI, não sendo diferentes.

Os dados sugerem a possibilidade de fornecimento de náuplios de *Artemia* até o estágio IV e a partir do estágio V, fornecimento exclusivo de dieta inerte. Isso pode refletir em redução de custos de produção de pós-larvas de *M. amazonicum* mesmo considerando que, nesse regime alimentar, os gastos com mão de obra devem ser maiores devido ao maior número de arrazoamentos e tempo para a limpeza dos tanques de cultivo. Por outro lado, a vantagem do regime sugerido é a diminuição da quantidade de cistos e de mão de obra no manejo do alimento vivo.

REFERÊNCIAS

- ACHE, B. Chemoreception and thermoreception. In: ATWOOD, H.L.; SANDERMAN, D.C. **The Biology of Crustacea**. New York: Academic Press, 1982, v. 3, cap. 8, p. 369-398.
- ALAM, M. J.; ANG, K. J.; BEGUM, M. Replacement of *Artemia* with *Moina micrura* in the rearing of freshwater shrimp larvae. **Aquaculture International**, v. 3, p. 243-248, 1995.
- BARRETO, A.V.; SOARES, C.M.A. Produção de pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda; Palaemonidae), sob condições controladas de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 51-53, 1982.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Comportamento alimentar do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval: análise quantitativa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 785-793, 1997.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. **Aquaculture**, v. 216, p. 165-176, 2003a.
- BARROS, H.P.; VALENTI, W.C. Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 217, p. 223-233, 2003b.
- CORREIA, E.S.; SUWANNATOUS, S.; NEW, M.B. Flow-through hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 5, p. 52-68.
- GAMBA, A.L., Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda: Crustacea) in venezuelan continental lagoon. **Internatinal Journal Inverertebrate Reproduction and Development**, v. 7, p. 135-142, 1984.

- GUEST, W.C. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 37, n. 2, p. 141-152, 1979.
- GUEST, W.C.; DUROCHER, P.P. Palaemonid shrimp, *Macrobrachium amazonicum*: Effects of salinity and temperature on survival. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 41, n. 1, p. 14-18, 1979.
- JONES, D.A.; KAMARUDIN, S.; LE VAY, L. The potential for replacement of live feeds in larval culture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 24, n. 2, p. 199-210, 1993.
- JONES, D.A.; YULE, A.B.; HOLLAND, D.L. Larval Nutrition. In: D'ABRAMO, L.R.; CONKLIN, D.E.; AKIYAMA, D.M. **Crustacean Nutrition**: Advances in World Aquaculture. V. 6. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 1997. p. 353-389.
- KAMARUDIN, M.S.; JONES, D.A.; VAY, L.; ABIDIN, A.Z. Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 123, p. 323-333, 1994.
- KOVALENKO, E.E.; D'ABRAMO, L.R.; OHS, C.L.; BUDDINGTON, R.K. A successful microbound diet for the larval culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 210, p. 385-395, 2002.
- KUMLU, M.; JONES, D.A. Feeding and digestion in the caridean shrimp larva *Palaemon elegans* Rathke and *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea; Palaemonidae) on live and artificial diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 1, p.3-12, 1995.
- KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. Culture of other prawn species. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture**: The farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 21, p. 393-410.

LAVENS, P.; THONGROD S.; SORGELOOS, P. Larval prawn feeds and the dietary importance of *Artemia*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture**: The farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 7, p. 91-110.

LOBÃO, V.L.; ROJAS, N.E.T.; BARROS, H.P.; LACE, M.; HORIKAWA, M.T.; LULA, L.A.B.M. Determinação de densidade adequadas para a larvicultura de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Boletim Instituto de Pesca**, v.14, p. 45-49, 1987.

LOYA-JAVELLANA, G. Ingestion saturation and growth responses of *Penaeus monodon* larvae to food density. **Aquaculture**, v. 81, p. 329-336, 1989.

MAGALHÃES, C. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da região Amazônica. I. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea; Decapoda). **Amazoniana**, v. 9, n. 2, p. 247-274, 1985.

MAGALHÃES, C.; WALKER, I. Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimp (Decapoda, Caridea). **Crustaceana**, v. 55, n. 3, p.279-292, 1988.

MANZI, J.J.; MADDOX, M.B.; SANDIFER, P.A. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) larviculture. **Proceeding of the World Mariculture Society**, v. 8, p. 207-223, 1977.

MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, G.S.; MOREIRA, P.S. The effect of on respiratory metabolism, survival and moulting in first zoea of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea; Decapoda). **Hydrobiologia**, v. 101, p. 239-242, 1983.

MOREIRA, G.S.; MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, P.S. The effect of salinity on upper thermal limits of survival and metamorphosis during larval development in *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 50, n. 3, p. 231-238, 1986.

MOREIRA, L.C.; ODINETZ-COLLART, O. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago na Amazônia Central, Ilha do Careiro, Brasil. **Amazoniana**, v. 12, n. 3/4, 385-398, 1993.

MUNILLA-MORAN, R.; STARK, J.R.; BARBOUR, A. The role exogenous enzymes in digestion in culture turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, v. 88, p. 337-350, 1990.

PÉREZ, L.A.V. **Desenvolvimento larval de *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1839), *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) e *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em laboratório.** 1984. 277 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

ROJAS, N.E.T.; LOBÃO, V.L.; BARROS, H.P. Métodos de manutenção de larvas de *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 17, p. 15-26, 1990.

SOLORZANO, L. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. **Limnology and Oceanography**, v. 14, p. 799-801, 1969.

SORGELOOS, P.; LÉGER, PH. Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 23, p. 251-264, 1992.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis.** Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. 310 p.

VALENTI, W.C. **Cultivo de camarões de água doce.** 2ª ed. São Paulo: Nobel. 1985. 82p.

VALENTI, W.C.; MALLASEN, M.; SILVA, C.A. Larvicultura em sistema fechado dinâmico. In: VALENTI, W.C. **Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia Para a Produção de Camarões.** Brasília: IBAMA-FAPESP, 1998. cap. 6, p. 115-143.

VALENTI, W.C.; DANIELS, W.H. Recirculation hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap. 6, p. 69-90.

VALENTI, W.C. The Potential for *Macrobrachium amazonicum* Culture. In. World Aquaculture 2003, 2003, Salvador. **Book of Abstracts**. Salvador. World Aquaculture Society, 2003. p. 804.

VALENTI, W.C. Camarão de Água Doce como agronegócio. In: Aqua Ciência 2004, 1., 2004, Vitória,. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática (Aquabio), 2004. p. 52.

ZANDERS, I.P.; RODRÍGUEZ, J.M. Effects of temperature and salinity stress on osmoionic regulation in adults and on oxygen consumption in larvae and adults of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea; Decapoda). **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 101, n. 3, p. 505-509, 1992.

Conclusões Gerais

Este trabalho contribuiu com algumas informações para melhorar as condições na larvicultura do *M. amazonicum*. Com base nos resultados pode-se concluir que:

1. As larvas da população estudada dessa espécie não sobrevivem em água doce. No entanto, completam seu desenvolvimento larval em salinidades baixas de até 1‰;

2. A luminosidade $7,8 \pm 2,5 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (aproximadamente 390 ± 125 lux) melhora o desempenho das larvas de *M. amazonicum* em termos de desenvolvimento larval, produtividade e ganho de peso;

3. As larvas dessa espécie começam a se alimentar de náuplios de *Artemia* a partir de zoea II;

4. As larvas para se desenvolverem precisam se alimentar de náuplios de *Artemia* do estágio II ao IV;

5. As larvas dessa espécie no estágio III preferem náuplios de *Artemia*, mas ingerem dieta inerte se esta for o único alimento disponível;

6. A substituição total de náuplios de *Artemia* por dieta inerte a partir de zoea V não afeta negativamente o desenvolvimento larval dessa espécie.