

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CENTRO DE AQUICULTURA

**ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA *Macrobrachium
amazonicum* DURANTE A FASE LARVAL**

CRISTIANA RAMALHO MACIEL

Tese a ser apresentada ao Programa de Pós Graduação em Aqüicultura da UNESP, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Aqüicultura.

Jaboticabal – SP

Fevereiro – 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CENTRO DE AQUICULTURA

**ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO-DA-AMAZONIA *Macrobrachium*
amazonicum DURANTE A FASE LARVAL**

CRISTIANA RAMALHO MACIEL

Orientador: Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti

Tese a ser apresentada ao Programa de Pós Graduação em Aqüicultura da UNESP, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Aqüicultura.

Jaboticabal – SP

Fevereiro – 2007

Maciel, Cristiana Ramalho Maciel
M152a Alimentação do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* durante a fase larval. -- Jaboticabal, 2007
xv, 122 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura da UNESP, 2007

Orientador: Wagner Cotroni Valenti

Banca examinadora: Wagner Cotroni Valenti, Maria Célia Portella, Daniel Lemos, Helenice Pereira de Barros, Renata Biagi Garcia.

Bibliografia

1. Camarão-larva. 2. Camarão-manejo alimentar. 3. Larvicultura-camarão- cor de tanque. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aqüicultura da UNESP.

CDU 639.512:636.084

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA Macrobrachium amazonicum DURANTE A FASE LARVAL".

AUTORA: CRISTIANA RAMALHO MACIEL

ORIENTADOR: Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:


Dr. Wagner Cotroni Valenti – Orientador

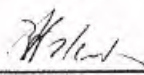

Dra. Maria Célia Portella


Dr. Daniel Lemos


Dra. Helenice Pereira de Barros


Dra. Renata Biagi Garcia

Data da realização: 08 de fevereiro de 2007.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr. Wagner Cotroni Valenti

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força, coragem e sabedoria para vencer todas as etapas.

Ao meu orientador Dr. Wagner Cotroni Valenti, pela atenção, amizade e paciência, despendidos durante todas as etapas desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora da qualificação Dra. Helenice Barros e Dra. Maria Célia Portela pelas valiosas sugestões, críticas e contribuições.

Ao Centro de Aqüicultura da UNESP -CAUNESP, pela oportunidade oferecida.

Aos professores do CAUNESP que abriram horizontes no mundo das águas...

A Dra. Jane Bertocco Ezequiel e Dra. Rosemary Galati pela análise da dieta inerte, pela atenção e pela valiosa colaboração.

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

Aos técnicos e funcionários do CAUNESP, pela colaboração e apoio.

Aos colegas do Setor de Carcinicultura pela agradável companhia, cooperação e amizade: Janaina Kimpara, Liliam Hayd, Camilo Guerreiro, Graziella Oliveira, Michelle Vetorelli, Michele Roberta, Dayuna, Priscila Atique, Breno Homem, Fabrício Rosa, Bruno Preto, José Mário....a turma é grande....

Ao funcionário do Laboratório de Carcinicultura José Roberto Polachini pelos auxílios prestados durante a realização dos experimentos.

Aos queridos companheiros de larvicultura: Grazi, Michelinha, Anderson, Fabrício e Dayuna.

Aos amigos: Liliam, Érika, Carolina, Janaina, Virgínia, Antônio Francisco, Ineide, Patrícia e Wagner, que foram meus ombros nas horas de saudades fulminantes e tornaram mais agradáveis os momentos em Jaboticabal.

Aos colegas do Campus de Bragança – UFPA, pelo apoio e amizade durante a execução dessa etapa.

A Iracilda e Horacio pelo carinho e atenção, me apoiando em todos os momentos.

A minha querida turminha do Pará: Luciano, Manoel Luciano “Guma”, Francinelson, Thésyso, Cristina, Gabriel, Fernanda, Sandra...

A minha querida família, Murilo, Rodrigo e Bruna, pelos momentos maravilhosos que passamos juntos, e pela compreensão naqueles em que isso não foi possível... Amo vocês!

Aos meus pais Valdir e Gildete, pelo apoio incondicional que nunca me faltou.

Aos meus irmãos Catarina e Carlos “Mano” pela amizade e apoio.

A Elbe e Jaciara, pelo apoio, carinho e amizade.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	xii
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. REFERÊNCIAS	7
CAPÍTULO 2	13
2. INGESTÃO DE NÁUPLIOS DE <i>Artemia</i> PELAS LARVAS DE <i>Macrobrachium amazonicum</i> EM DIFERENTES ESTÁGIOS LARVAIS	13
RESUMO	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1. Origem dos animais	17
2.2. Coleta e seleção das larvas	17
2.3. Análise dos dados	18
3. RESULTADOS	20
4. DISCUSSÃO	23
5. REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 3	32
3. CONSUMO DE NÁUPLIOS DE <i>Artemia</i> POR LARVAS DE <i>Macrobrachium amazonicum</i> NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO	32
RESUMO	32
1 - INTRODUÇÃO	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1. Origem dos animais e condições experimentais	35
2.2. Manejo alimentar e estimativa do consumo de náuplios de <i>Artemia</i>	35
2.3. Índice de estágio larval (IEL), índice de condição larval (ICL)	39
2.4. Sobrevivência, produtividade e peso seco das pós-larvas	41
2.5. Delineamento experimental e análise dos dados	41
3. RESULTADOS	42
3.1 – Consumo dos náuplios de <i>Artemia</i>	42

3.2. Índice de Estágio Larval (IEL), Índice de Condição Larval (ICL), Sobrevivência, produtividade e peso seco das pós-larvas	43
4. DISCUSSÃO	49
5 - REFERÊNCIAS	55
CAPÍTULO 4	60
4 SUBSTITUIÇÃO DO ALIMENTO VIVO POR DIETA INERTE DURANTE A LARVICULTURA DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, <i>Macrobrachium amazonicum</i>	60
RESUMO	60
1. INTRODUÇÃO	61
2. MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1. Delineamento experimental	63
2.2. Origem dos animais e condições experimentais	64
2.3. Índice de estágio larval (IEL), índice de condição larval (ICL)	65
2.4. Sobrevivência, produtividade e peso seco das pós-larvas	66
3. RESULTADOS	68
4. DISCUSSÃO	72
5. REFERÊNCIAS	80
CAPÍTULO 5	
5 EFEITO DA COLORAÇÃO DOS TANQUES DE CULTIVO SOBRE A INGESTÃO DOS NÁUPLIOS DE <i>Artemia</i> POR LARVAS DO CAMARÃO- DA-AMAZÔNIA, <i>Macrobrachium amazonicum</i>	85
RESUMO	85
1. INTRODUÇÃO	86
2. MATERIAIS E MÉTODOS	89
2.1. Delineamento experimental	89
2.2. Origem dos animais e condições experimentais	90
3. RESULTADOS	96
3.1. Incidência de luz nos tanques de cultivo	96
3.2. Índice de estágio larval (IEL) e índice de condição larval (ICL)	96
3.3. Consumo de náuplios de <i>Artemia</i>	100
3.4. Sobrevivência, produtividade e peso seco	103

4. DISCUSSÃO	105
5. REFERÊNCIAS	113
CAPÍTULO 6	119
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	119

LISTA DE FIGURAS

- CAPÍTULO 2**
- 2 INGESTÃO DE NÁUPLIOS DE *Artemia* PELAS LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum* EM DIFERENTES ESTÁGIOS LARVAIS**
- Figura 1 – Variação no consumo de náuplios de *Artemia* (NA) com o aumento da densidade em cada estágio larval. As barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey-Kramer. 21
- Figura 2 - Consumo de náuplios de *Artemia* (NA) em cada densidade de oferta (náuplios/mL), nos diferentes estágios larvais. As barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey-Kramer. 22
- CAPÍTULO 3**
- 3 CONSUMO DE NÁUPLIOS DE *Artemia* POR LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum* NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO**
- Figura 1 - Consumo médio diário de náuplios por larva ao longo do cultivo, em relação aos dias de cultivo e ao Índice de estágio larval (IEL), submetidos a dois tratamentos: ADSR = ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDSR = baixa densidade de náuplios com reposição. As barras representam o desvio padrão da amostra. 46
- Figura 2 – (A) Índice de Estágio Larval (IEL) e (B) índice de Condição Larval (ICL) de larvas de *Macrobrachium amazonicum* submetidas a dois manejos alimentares: ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição. $n = 60$ larvas por tratamento. 47

CAPÍTULO 4

4 SUBSTITUIÇÃO DO ALIMENTO VIVO POR DIETA INERTE DURANTE A LARVICULTURA DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

Figura 1 - Índice de estágio larval de larvas de *M. amazonicum*, submetidas aos seguintes manejos alimentares: NA-IX - sem substituição da *Artemia*; NA-VII - substituição dos náuplios a partir do estágio VII; NA-V - substituição a partir do estágio V. 70

Figura 2 - Índice de condição larval de larvas de *M. amazonicum* submetidas aos seguintes manejos alimentares: NA-IX - sem substituição da *Artemia*; NA-VII - substituição de NA a partir do estágio VII; NA-V - substituição a partir do estágio V. As setas correspondem aos dias em que foi suspensa a oferta dos náuplios, de acordo com os tratamentos descritos. 71

CAPÍTULO 5

5 EFEITO DA COLORAÇÃO DOS TANQUES DE CULTIVO SOBRE A INGESTÃO DOS NÁUPLIOS DE *Artemia* POR LARVAS DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

Figura 1 – As barras brancas representam os fótons registrados na superfície da água dos tanques de cultivo e as barras pretas correspondem aos fótons que penetram no fundo. A linha corresponde à produtividade – Pós-larvas/L. As barras correspondem ao desvio padrão. Letras diferentes indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$. 97

Figura 2 – Correlação de Pearson entre a luz que penetra no fundo dos tanques de cultivo (fótons $\mu\text{mol}^{-1} \text{m}^2$) e a sobrevivência das larvas e pós-larvas (%). 97

Figura 3- Coloração das larvas cultivadas em tanques brancos A, e em tanques pretos B. 99

Figura 4 - Consumo de náuplios de *Artemia* por larva ao longo do cultivo, em cada cor de tanque. Média \pm desvio padrão. 102

Figura 5 – Correlação de Pearson entre o peso seco das pós-larvas e a quantidade total de náuplios ingeridos por larva durante todo cultivo. 104

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

2 INGESTÃO DE NÁUPLIOS DE *Artemia* PELAS LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum* EM DIFERENTES ESTÁGIOS LARVAIS

Tabela 1 - Parâmetros adotados na larvicultura 17

CAPÍTULO 3

3 CONSUMO DE NÁUPLIOS DE *Artemia* POR LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum* NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO

Tabela 1 – Densidade de náuplios de *Artemia* (NA) nos tanques de cultivo imediatamente após o fornecimento e quantidade de dieta inerte fornecida diariamente. ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição. 37

Tabela 2 – Formulação da dieta inerte (Mallasen & Valenti, 1998) 37

Tabela 3 – Resultados da ANOVA em parcelas sub-subdivididas para avaliar o efeito do manejo alimentar, dos dias de cultivo e do período do dia sobre o consumo dos náuplios de *Artemia*. Considerou-se significativo quando $p < 0,05$. 42

Tabela 4 – Ingestão de náuplios de *Artemia* (náuplios/larva/12 horas) ao longo do cultivo. ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição. O consumo de náuplios de *Artemia*/larva/hora foi multiplicado por 12 horas para obter o valor de cada período do dia. Média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$) 45

Tabela 5 – Sobrevivência, produtividade e peso seco de pós-larvas submetidas a dois manejos alimentares: ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição. Média \pm desvio padrão (letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as médias; $p < 0,05$). 48

CAPÍTULO 4

4 SUBSTITUIÇÃO DO ALIMENTO VIVO POR DIETA INERTE NA LARVICULTURA DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

Tabela 1 – Formulação da dieta inerte 67

Tabela 2 – Oferta de náuplios de *Artemia* (NA) e dieta inerte para cada tratamento, ao longo do cultivo. A dieta inerte foi ofertada duas vezes ao dia no grupo que não houve substituição dos náuplios (NA-IX), e cinco refeições para os tratamentos em que houve a substituição dos náuplios a partir dos estágios V (NA-V) e VII (NA-VII). 68

Tabela 3 – Sobrevivência, produtividade e peso seco (média \pm DP) de pós-larvas cultivadas em diferentes manejos alimentares: NA -IX - sem substituição da náuplios de *Artemia* (NA); NA-VII - substituição a partir do estágio VII até PL e NA-V - substituição a partir do estágio V até PL. Letras diferentes na mesma linha indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$ (Teste Tukey). 69

CAPÍTULO 5

5 EFEITO DA COLORAÇÃO DOS TANQUES DE CULTIVO SOBRE A INGESTÃO DOS NÁUPLIOS DE *Artemia* POR LARVAS DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

Tabela 1- Identificação das cores segundo a escala Pantone (2002)	89
Tabela 2 – Oferta de náuplios de <i>Artemia</i> (NA) e dieta inerte, ao longo do cultivo. A dieta inerte foi ofertada duas vezes ao dia.	94
Tabela 3 – Formulação da dieta inerte (Mallasen & Valenti,1998)	95
Tabela 4 - Índice de estágio larval (IEL) (média ± DP) das larvas de <i>M. amazonicum</i> mantidas em diferentes cores de tanques. Letras diferentes na mesma linha indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$	98
Tabela 5 - Índice de condição larval (ICL) (média ± DP) das larvas de <i>M. amazonicum</i> mantidas em diferentes cores de tanques. Letras diferentes na mesma linha indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$	98
Tabela 6 - Consumo de <i>Artemia</i> por larva ao longo dos dias de cultivo (média ± desvio padrão). ANOVA, seguido do teste LSD para comparação entre as médias. As letras nas linhas indicam as diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$).	101
Tabela 7 - Sobrevivência, produtividade e peso seco (média ± DP) de larvas cultivadas em diferentes cores de tanques. ANOVA, seguida do teste LSD. Letras diferentes na mesma coluna indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$.	104

RESUMO

Foi estudada a alimentação de larvas de *Macrobrachium amazonicum*, tendo sido avaliados a ingestão de náuplios de *Artemia* em diferentes estágios larvais, a caracterização do consumo dos náuplios de *Artemia* nos períodos diurno e noturno; a substituição da *Artemia* por dieta inerte, e o impacto da coloração dos tanques de cultivo sobre o consumo de náuplios, sobrevivência e produtividade. No experimento 1 foi determinada a densidade de náuplios de *Artemia* (NA) para larvas de *M. amazonicum*. Foram testadas as concentrações 2, 4, 6, 8, 10 e 12 NA/mL. O consumo variou em função da densidade náuplios ($p = 0,0001$), dos estágios larvais ($p = 0,0001$) e foi verificada interação entre os dois fatores ($p = 0,0001$). O consumo não diferiu estatisticamente nos estágios II e IV em nenhuma densidade de náuplios. Os estágios III e VI-VII apresentaram consumo bem mais alto que os demais. Nos estágios V, VIII e IX o consumo de náuplios não diferiu entre as densidades 2 e 4 NA/mL, mas esse grupo diferiu significativamente nas densidades 10 e 12 NA/mL. As larvas nos estágios VI-VII não apresentaram saciedade, ou a disponibilidade foi inferior às suas necessidades. São necessários estudos futuros para verificar se as larvas de *M. amazonicum* apresentam saciedade ou “alimentação supérflua” (oportunista). No experimento 2, foi verificado o consumo de náuplios de *Artemia* nos períodos diurno e noturno. Seis tanques receberam a quantidade diária total de náuplios de *Artemia* (4 – 12 NA/ dia) às 20:00 h (ADSR) e os outros seis receberam a metade da quantidade anterior às 20:00 h e, às 8:00 h do dia seguinte, foi reposta a quantidade de náuplios consumida durante a noite (BDCR). Observou-se que as larvas se alimentam durante o dia e à noite, mas a maior taxa de ingestão ocorre no período diurno. Durante o dia, a taxa de ingestão foi similar em ADSR e BDCR, demonstrando que o comportamento natatório e a acuidade visual compensaram a diferença da densidade. À noite, a maior densidade de oferta (ADSR)

proporcionou aumento na ingestão de náuplios. Apesar das diferenças observadas nos dois manejos alimentares, a produtividade e o peso seco das pós-larvas foram similares. Entretanto, houve aumento significativo da sobrevivência no tratamento em que foi fornecida maior densidade de náuplios. No experimento 3, foi verificado o impacto da substituição dos náuplios de *Artemia* pela dieta inerte. Nos cultivos em que os náuplios foram mantidos, NA-IX, a taxa de sobrevivência foi de $86 \pm 6\%$ e a produtividade de $59,7 \pm 7,7$ PL/L. No tratamento em que a substituição ocorreu no estágio VII (NA-VII), a sobrevivência foi de $56,9 \pm 13,7\%$ e a produtividade de $39,4 \pm 8,4$ PL/L. Quando a substituição da *Artemia* foi no estágio V (NA-V), esses valores foram ainda mais baixos, atingindo $44,0 \pm 19,6\%$ de sobrevivência e $9,7 \pm 6,5$ PL/L de produtividade. Foi observado que a *Artemia* é um alimento essencial nas fases testadas, sugerindo que as larvas têm limitada capacidade de digestão e assimilação dos nutrientes da dieta inerte. No experimento 4, foram avaliadas 6 cores de tanque, com 4 réplicas: branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta. As cores tiveram impacto sobre o consumo do alimento, sobrevivência, produtividade e peso seco das pós-larvas. Foi observado maior consumo de náuplios pelas larvas mantidas em tanques vermelhos e verdes; que apresentaram maior peso seco que as demais; entretanto, os maiores consumos não proporcionaram maiores taxas de sobrevivência e produtividade. As larvas de *M. amazonicum* apresentam ritmo trófico, com alimentação predominantemente diurna e comportamento alimentar ativo nesse período. Por isso, recomendamos oferta única de náuplios, em maior densidade, no período diurno, o que favorece a chance de encontro e consiste em manejo mais simples e eficaz. A cor dos tanques interfere na taxa de ingestão, porém, os de cor preta, promovem maior produtividade com menor consumo de náuplios, sugerindo que essa cor é mais indicada para o cultivo.

Palavras chave: *Macrobrachium amazonicum*, alimentação de larvas, cor dos tanques.

ABSTRAT

The feeding pattern of *Macrobrachium amazonicum* larvae was studied with analysis of: the ingestion of *Artemia* nauplii in different stages of larval development; characterization of the consumption of *Artemia* nauplii during diurnal and nocturnal periods; the substitution of *Artemia* with an inert diet; the impact of cultivation tank color on the consumption of nauplii, survival and productivity. In the first experiment, the density of *Artemia* nauplii (NA) to *M. amazonicum* larvae was determined. Concentrations of 2, 4, 6, 8, 10 and 12 NA/mL were tested. Consumption varied in function of nauplii density ($p = 0,0001$), larval stage ($p = 0,0001$) and interaction between both factors was ascertained ($p = 0,0001$) No statistical difference in consumption was found for stages II and IV for any nauplii density. In stages V, VIII and IX nauplii consumption did not differ between densities 2 and 4 NA/mL but differed significantly in densities 10 and 12 NA/mL. Stage VI-VII larvae did not present satiety, or availability was inferior to their necessity. Further studies are necessary to verify whether *M. amazonicum* larvae demonstrate satiety or "superfluous feeding" (opportunistic). In the second experiment, diurnal and nocturnal consumption of *Artemia* nauplii was verified. Six tanks received the total quantity of *Artemia* nauplii daily (4 – 12 NA/day) at 20:00h. (ADSR) while another six tanks received half the previous quantity at 20:00h and at 8:00 the following day the quantity of nauplii consumed during the night (BDCR) was replaced. It was observed that the larvae fed both day and night, but presented a higher diurnal feeding rate. During the day, the feeding rate was similar for ADSR and BDCR, demonstrating that swimming behavior and visual perspicacity compensated the difference in nauplii density. At night the higher density on offer (ADSR) resulted in the ingestion of nauplii. Despite the differences in alimentation management observed, post larval productivity and dry weight were similar. However, there was a significant increase in survival rate in the treatment

where a higher density of nauplii was supplied. In the third experiment, the impact of substitution of *Artemia* nauplii with an inert diet was verified. The cultures in which nauplii were maintained, NA-IX, the survival rate was $86 \pm 6\%$ and productivity $59,7 \pm 7,7$ PL/L. In the treatment in which substitution was carried out in stage VII (NA-VII), survival rate was $56,9 \pm 13,7\%$ and productivity $39,4 \pm 8,4$ PL/L. When *Artemia* was substituted in stage V (NA-V) these values were even lower, reaching $44,0 \pm 19,6\%$ survival and $9,7 \pm 6,5$ PL/L productivity. It was observed that *Artemia* is an essential foodstuff in the phases tested, suggesting that the larvae have limited capacity for digestion and assimilation of the nutrients in an inert diet. In the fourth experiment 6 tank colors were evaluated, four of each, white, yellow, red, blue, green and black. The colors had a great impact on food consumption, survival, productivity and post larval dry weight. Greater nauplii consumption was observed by the larvae in the red and green tanks. These presented higher dry weight than the others, however higher consumption was not related to higher survival rates or productivity. *M. amazonicum* larvae present a trophic rhythm, with predominantly diurnal alimentation and active feeding habits during this period. Therefore we recommend an offer once daily of nauplii in high density during the diurnal period, which favors chance encounters and consists of a simpler and more effective management. The tank color interferes with ingestion rate, however, the black tanks promoted higher productivity with lower consumption of nauplii, suggesting that this color is the most suitable for cultivation.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de espécies de camarão de água doce é uma das atividades econômicas que mais cresceu nos últimos anos. A produção do camarão-da-malásia, *Macrobrachium rosenbergii*, foi ampliada de 139.500 t, no ano 2000, para 193.000 t em 2004 (FAO, 2006). Entretanto, o uso de espécies nativas em cultivos comerciais é uma opção que tem despertado interesse em vários países. Miao & Ge (2002) estimaram que na China, a criação do *Macrobrachium nipponense* poderia, em pouco tempo, ultrapassar a criação de *M. rosenbergii*. Recentemente, os dados da FAO (2006) demonstram que esse fato foi concretizado, confirmando a tendência mundial do cultivo de espécies nativas para a carcinicultura. Na Índia, é crescente o interesse no cultivo do *Macrobrachium malcolmsonii*, na América Central, do *Macrobrachium carcinus* e na América do Sul do *Macrobrachium amazonicum* (Kutty *et al.*, 2000).

Entre as espécies que ocorrem no Brasil, *M. amazonicum* é a mais indicada para o cultivo. Está presente nos lagos e represas, onde se desenvolve com sucesso (Valenti, 1985). Além da rusticidade, apresenta comportamento pouco agressivo e se reproduz durante todo o ano. Essa espécie é conhecida como camarão regional no Estado do Pará, camarão canela e camarão sossego em outras regiões do Brasil (Valenti, 1985; Moraes-Riodades & Valenti, 2001), é largamente explorado pela pesca artesanal nos Estados do Pará e Amapá, e há um mercado significativo para sua comercialização (Odinetz-Collart, 1993). Sua carne apresenta textura mais firme e sabor mais acentuado do que a de *M. rosenbergii* (Moraes-Riodades & Valenti, 2001). Segundo Odinetz-Collart & Moreira (1993), o cultivo do camarão-da-amazônia pode converter-se em uma atividade comercialmente interessante para o desenvolvimento regional integrado. Além

disso, a escolha de espécies nativas para a produção, torna a atividade ecologicamente correta, evitando a introdução de espécies exóticas no ambiente natural. A carcinicultura de água doce é considerada sustentável, pois é lucrativa, apresenta baixo impacto ambiental, gera empregos e auto-empregos (Moraes-Riodades & Valenti, 2001), e se adapta bem em empresas que usam mão-de-obra familiar (Valenti, 1998; New, 2000). Veiga (1998) afirma que sistemas familiares de produção rural são bastante eficientes e ocorrem com maior frequência nos países desenvolvidos, enquanto que, grandes propriedades rurais, com mão-de-obra assalariada, são mais comuns em países pobres.

Nos últimos anos, tem crescido no Brasil o interesse na criação em cativeiro de *M. amazonicum* para suprir um mercado consumidor crescente, que depende da exploração dos estoques naturais (Valenti & Moraes-Riodades, 2004). No Pará, a Secretaria de Agricultura (SAGRI) iniciou experimentalmente, a partir de 1996, a produção de pós-larvas de *M. amazonicum*. Entretanto, *M. rosenbergii* ainda é a espécie mais cultivada, pois faltam estudos para viabilizar a produção comercial do camarão-da-amazônia (Moraes-Riodades & Valenti, 2001). Desse modo, estão sendo intensificados os esforços para produção de um pacote tecnológico destinado ao cultivo comercial dessa espécie (Valenti & Moraes-Riodades, 2004).

Até o final dos anos 90 foram realizados estudos para *M. amazonicum*, sobre a biologia reprodutiva (Odinetz-Collart, 1991, 1993), a fertilidade e fecundidade (Scaico, 1992; Odinetz-Collart & Rabelo, 1996), a descrição larval (Guest, 1979; Magalhães, 1985) e a migração vertical (Moreira & Odinetz-Collart, 1993). Recentemente, foi estudado o crescimento relativo (Moraes-Riodades & Valenti, 2002), descrita a ocorrência de morfotipos para machos adultos da espécie (Moraes-Riodades & Valenti, 2004), os estágios de maturação dos machos (Papa, 2003) e das fêmeas (Ribeiro, 2003). Na larvicultura, foram verificadas a aceitação de alimento vivo e inerte

durante o desenvolvimento ontogenético (Araújo, 2005) e foram testadas taxas de estocagem das larvas e a viabilidade técnica e econômica da atividade (Vetorelli, 2004). No entanto, muitos aspectos relacionados ao cultivo ainda não foram estabelecidos. Na fase da larvicultura, são necessários estudos sobre a tomada de alimento e fatores que influenciam nesse processo, pois a alimentação é um dos pontos mais críticos para o desenvolvimento larval (Jones, *et al.*, 1997a). Vários aspectos precisam ser estabelecidos para definir o manejo alimentar mais adequado durante a larvicultura.

A alimentação das larvas pode sofrer grandes alterações ao longo do desenvolvimento ontogenético (Jones *et al.*, 1997b). Mudanças de comportamento alimentar e desenvolvimento do sistema digestório condicionam a aceitação e assimilação de dietas inertes pelas larvas de crustáceos decápodes (Jones *et al.*, 1997a). As larvas de *Penaeus monodon*, no estágio Misis, são filtradoras e assumem um comportamento predador a partir de PL1 (Loya-Javellana, 1989). Chu & Shing (1986) observaram mudança de hábito alimentar de onívoro para carnívoro em larvas de *Metapenaeus ensis*. *Macrobrachium rosenbergii* apresenta comportamento inverso, mudando de carnívoro nos estágios iniciais, para onívoro nos últimos estágios (Barros & Valenti, 2003a). Ainda não são conhecidos os hábitos alimentares das larvas de *M. amazonicum*, nem as variações que ocorrem ao longo do desenvolvimento ontogenético.

As larvas de *M. amazonicum* apresentam tamanho reduzido nos primeiros estágios, e os apêndices são pouco desenvolvidos. Os pleópodos surgem no estágio V, como pequenos brotos, e tornam-se birremes e bem desenvolvidos, a partir dos estágios VII e VIII (Guest, 1979). Nos primeiros estágios, as larvas de *M. rosenbergii* também apresentam apêndices pouco desenvolvidos (Lavens *et al.*, 2000). Além disso, o aparelho digestório possui atividade enzimática limitada para digestão e absorção dos alimentos (Kamarudin *et al.*, 1994), e passa por várias modificações anatômicas ao longo do desenvolvimento ontogenético. Abrunhosa & Melo (2002) observaram que as

larvas dessa espécie apresentam estômago funcional desde o primeiro estágio; entretanto, a maior especialização do *filter press* (estrutura de filtração) ocorre no último estágio. Segundo esses autores, o estômago das larvas é misturador, não apresentando estruturas trituradoras, não há ossículos, nem formação do moinho gástrico. Por isso, a principal função de mastigação ocorre nas peças bucais e nos quelípodos que auxiliam na ingestão. Com o desenvolvimento das larvas, o hepatopâncreas se especializa e aumenta em tamanho e em produção enzimática (Jones *et al.*, 1997a; Agard, 1999). As características anatômicas e fisiológicas fornecem indícios dos hábitos alimentares durante o desenvolvimento larval (Jones *et al.*, 1997b). Desse modo, a aceitação e ingestão da dieta podem ser influenciadas pela maturidade do tubo digestório e pelos aspectos físicos e químicos do próprio alimento, tais como: consistência, palatabilidade e composição nutricional (Jones *et al.*, 1997a).

O principal alimento utilizado para larvas de peixes e crustáceos é *Artemia* (Sorgeloos *et al.*, 1998). É conhecido para larvas de crustáceos decápodes que a taxa de ingestão aumenta com o aumento da densidade de náuplios de *Artemia* na água (Yúfera & Rodriguez, 1985; Chu & Shing, 1986; Minagawa & Murano, 1993; Barros & Valenti, 2003a). Além disso, foi observado que densidades mais altas de alimento vivo condicionam maior crescimento das larvas, sobrevivência e períodos mais curtos de intermuda (Minagawa & Murano, 1993; Anger, 2001). Entretanto, o consumo é diferente em cada espécie e, na mesma espécie, nos diferentes estágios larvais. Ocorre aumento do consumo à medida que as larvas se desenvolvem (Yúfera *et al.*, 1984; Yúfera & Rodriguez 1985; Chu & Shing, 1986; Minagawa & Murano, 1993; Barros & Valenti, 1997; Barros & Valenti, 2003a). As principais explicações são variações no comportamento e no hábito alimentar (Jones *et al.*, 1997a), no desenvolvimento do tubo digestório e na produção enzimática (Jones *et al.*, 1997b).

Recentemente, foi determinado o consumo de náuplios de *Artemia* para os diferentes estágios larvais de *M. rosenbergii* (Barros & Valenti, 2003a). Como não existem estudos específicos para larvas de *M. amazonicum*, é necessário identificar o padrão de consumo para essa espécie, assim como, determinar a frequência alimentar mais adequada. É preciso determinar a menor densidade que propicie a máxima taxa de ingestão (Loya-Javellana, 1989), adequando-a aos diferentes estágios larvais (Barros & Valenti, 2003a). A importância da otimização do uso da *Artemia* se deve ao alto valor desse insumo (Lavens *et al.*, 2000). Além disso, os cistos de *Artemia* apresentam irregularidade na produção, na constituição nutricional e sofrem oscilação dos preços de mercado (Sorgeloos *et al.*, 1998).

Barros & Valenti (2003b) observaram que larvas de *M. rosenbergii* aceitam *Artemia* em todos os estágios, e dieta inerte a partir do VII. Recentemente, foi observado que larvas de *M. amazonicum* aceitam a dieta inerte desde o estágio IV (Araújo, 2005). Entretanto, é importante determinar a fase do cultivo adequada para a substituição da *Artemia*, e verificar o impacto desse manejo sobre a sobrevivência, produtividade e peso das pós-larvas. A substituição parcial da *Artemia*, ou a otimização do seu uso são aspectos relevantes na viabilidade econômica da tecnologia de produção do *M. amazonicum*.

Luz, temperatura e cor dos tanques são fatores que podem ter impacto sobre a ingestão do alimento em larvas de crustáceos, condicionando a sobrevivência e ganho de peso (Anger, 2001). Entre eles, a cor dos tanques de cultivo merece destaque, pois é um fator que influencia o comportamento e alimentação de larvas de muitas espécies de peixes e crustáceos (Lin & Omori, 1993; Martin-Robichaud & Peterson, 1998; Tamazouzt *et al.*, 2000; Rotllant *et al.*, 2003; Weigartner & Zaniboni Filho, 2004; Yashariam *et al.*, 2005; Rabbani, & Zeng, 2005). Por isso, é preciso determinar a cor do tanque mais

adequada para o desenvolvimento larval de *M. amazonicum* e os impactos decorrentes desse fator.

O objetivo deste trabalho foi fornecer subsídios para o estabelecimento de um manejo alimentar otimizado durante a fase larval de *M. amazonicum*. Para isso foram estudados os seguintes aspectos:

- 1- Consumo de náuplios de *Artemia* pelas larvas, fornecidos em diferentes densidades;
- 2- Consumo de náuplios de *Artemia* nos períodos diurno e noturno;
- 3- Substituição da *Artemia* por dieta inerte;
- 4- Impacto da coloração dos tanques de larvicultura na ingestão do alimento e produtividade de pós-larvas.

Optou-se por apresentar a tese na forma de artigos científicos. Cada item citado anteriormente corresponde a um artigo, que são apresentados nos capítulos a seguir.

2. REFERÊNCIAS

Abrunhosa, F. A. & Melo, A. M. 2002. Morfologia comparativa do estômago do primeiro e último estágios zoea e juvenil I de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Decapoda: Palaemonidae). *Revista Ciência Agronômica*. Vol 33. n2. 65-68.

Agard, J. B. R. 1999. A four-dimensional response surface analysis of the ontogeny of the palaemonid shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Journal Experimental Biology Ecology*. 236:209-233.

Anger, K. 2001. *The biology of Decapod Crustacean Larvae*. Meppel. The Netherlands, 405p.

Araújo, M. C. 2005. Efeito da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 87 f.

Barros, H. P & Valenti, W, C. 1997. Comportamento alimentar de camarão de água doce, *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879), durante a fase larval. Análise qualitativa. *Revista Brasileira de Zoologia*. 14(4): 785-793.

Barros, H.P. & Valenti, W.C. 2003a. Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 217: 223 –233.

Barros, H. P.; Valenti, W.C. 2003b. Food intake *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. *Aquaculture* 216. pp. 165-176.

Chu, K.H. & Shing, C. K. 1986. Feeding behavior of the shrimp, *Metapenaeus ensis*, on *Artemia* naupli, *Aquaculture* 58: 175-184.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. Yearbook of fishery statistics: summary tables. FAO, Roma (obtido via internet, <http://www.fao.org>).

Guest, W. C. 1979. Laboratory life history of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 37 (2): 141-151.

Jones, D. A.; Yule, A. B.; Holland, D. L. 1997a. Larval nutrition. In: D'Abramo, L. R.; Conklin, D. E.; Akiama, D. M. *Crustacean Nutrition. Advances in Word Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.* p. 353-387.

Jones, D. A, Kumlu, M., Vay, L. Le. & Fletcher 1997b. The digestive physiology of herbivorous, omnivorous and carnivorous crustacean larvae: a review. *Aquaculture*. 155: 285-295.

Kamarudin, M. S., Jones, D.A., Vay, L. & Abidin, A. Z. 1994. Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 123: 323-333.

Kutty, M. N.; Herman, F.; Menn, H. L. 2000. Culture of others species. In: New, M. B.; Valenti, W. C. (Eds.) *Freshwater prawn farming: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford. Blackwell Science. p. 393-410.

Lavens, P., Thongrod, S. & Sorgeloos, P., 2000, Larval prawn feeds and dietary importance of *Artemia*. In: New, M. B., Valenti, W. C (Eds), *Freshwater Prawn Culture*, Blakwell, Oxford, pp. 91-111.

Lin, X. & Omori, M. 1993. Effect of container coloration on the feding rates of the zoael larvae of the giant freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Bulletin of Plankton Society of Japam*. Vol 40 n°1 19-25.

- Loya-Javellana, G.N. 1989. Ingestion saturation and growth responses of *Penaeus monodon* larvae to food density. *Aquaculture* 81: 329-336.
- Magalhães, C. 1985. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da região Amazônica. I – *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Crustacea, Decapoda). *Amazoniana*. IX (2): 247-274,
- Martin-Robichaud, D. J. & Peterson, R. H. 1998. Effects of light intensity, tank colour and photoperiod on swimbladder inflation success in larval striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum). *Aquaculture Research*. 29, 539-547.
- Miao, W.; Ge, X., 2002. Freshwater prawn culture in China: an overview. *Aquaculture Asia*, 7(1):9-12.
- Minagawa, M. & Murano, M. 1993. Larval feeding rhythms and food consumption by the red crab *Ranina ranina* (Decapoda, Raninidae) under laboratory conditions. *Aquaculture* 113: 251-260.
- Moraes-Riodades, P.M.C. & Valenti, W.C. 2001, Freshwater Prawn Farming in Brazilian Shows Potential for economic and Social Development. *Global Aquaculture Advocate, Saint Louis*. 4(5):73-74.
- Moraes-Riodades, P. M. C. & Valenti, W. C. 2002. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(4):1169-1176.
- Moraes-Riodades, P.M.C. & Valenti, W.C. 2004. Morphotypes in male Amazon River Prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture*. 236: 297-307.

Moreira, C. L. & Odinetz-Collart, O. 1993. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago de várzea da Amazônia Central, Ilha do Coreiro, Brasil. *Amazoniana*. XII(3/4). P 385-398

New, M. B. 2000. History and global states of freshwater prawn farming. In: New, M. B., & Valenti, W. C. (Ed.) *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science. p. 01-11.

Odinetz-Collart, O. 1991. Stratégie de reproduction de *Macrobrachium amazonicum* en Amazonie Centrale. *Crustaceana*. 61(2): 253-270.

Odinetz-Collart, O. 1993 Ecologia e Potencial pesqueiro do camarão-canela *Macrobrachium amazonicum* na Bacia Amazônica. In FERREIRA, E. J. G. et. al. (Eds.) *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e desenvolvimento da Amazônia*. (2): 147-166 INPA.

Odinetz-Collart, O. & Moreira, L. C. 1993. Potencial pesqueiro do camarão *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha Careiro). *Amazoniana*. 12 (3/4): 399-413.

Odinetz-Collart, O. & Rabelo, H. 1996. Variation in egg size of the fresh-water prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology*. 16(4): 684-688.

Papa, L.P. 2003. Aspectos Estruturais dos testículos dos diferentes morfotipos de *Macrobrachium amazonicum* arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de colesterol. Dissertação de Mestrado em Aqüicultura; Universidade Estadual Paulista. 89p.

- Rabbani, A. G. & Zeng, C. 2005. Effects of tank colour on larval survival and development of mud crab *Scylla serrata* (Forsk.). *Aquaculture Research*. 36, 1112-1119.
- Ribeiro, K. 2003. Efeito dos ácidos graxos poli-insaturados sobre o desempenho reprodutivo de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Dissertação de Mestrado em Aquicultura*; Universidade Estadual Paulista. 59p.
- Rotllant, J., Tort, L., Montero, D., Pavlidis, M. Martinez, M., Bonga, S., E., W. & Balm, P. H. M. 2003. Background colour influence on the stress response in cultured red porgy *Pagrus pagrus*. *Aquaculture* 223, 129-139.
- Scaico, M. A. 1992. Fecundidade e fertilidade de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Decapoda) de um açude do Nordeste Brasileiro. *Bol. Inst. Pesca*. 19: 89-96.
- Sorgeloos, P., Coutteu, P., Dhert, P., Merchie, G. & Lavens, P. 1998. Use of brine shrimp *Artemia* spp., in larval crustacean nutrition: a review. *Reviews in Fisheries Science*. 6 (1&2): 55-68.
- Tamazouzt, L., Chatain, B., Fontaine, P. 2000. Tank wall colour and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). *Aquaculture*: 182, 85-90.
- Valenti, W. C. 1985. *Cultivo de camarões de água doce*. São Paulo, Nobel. 82p.
- Valenti, W.C. & Moraes-Riodades, P.M.C. 2004. Freshwater Prawn Farming in Brasil. *Global Aquaculture Advocate* 7 (4): 52-53.
- Valenti, W.C. 1998. *Carcinicultura de Água Doce. Tecnologia para a produção de camarões*. IBAMA. 383 p.

Veiga, J.E. 1998. Política Agrária. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, 141:26-31.

Vetorelli, M. P. 2004. Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazonia, *Macrobrachium amazonicum*, em diferentes densidades de estocagem. *Dissertação de Mestrado em Aquicultura*; Universidade Estadual Paulista. 98p.

Weigartner, M. & Zaniboni Filho, E. 2004. Efeito de fatores abióticos na larvicultura de pintado amarelo *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803): salinidade e cor de tanque. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 26, 2, 151-157.

Yasharian, D., Coyle, S. D., Tidwell, J. H. & Stilwell, W. E. 2005. The effect of tank colouration on survival, metamorphosis rate, growth and time to metamorphosis freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) rearing. *Aquaculture Research*, 36, 278-283.

Yúfera, M., Rodriguez, A. & Lubian, L.M., 1984, Zooplankton ingestion and feeding behavior of *Penaeus kerathurus* larvae reared in the laboratory. *Aquaculture*: 42, 217-224.

Yúfera, M. & Rodriguez, A. 1985. Effect of prey density on feeding rates during larval rearing of *Palaemon serratus* Pennant (Crustacea, Palaemonidae). *Aquaculture*: 50: 31-38.

CAPÍTULO 2

INGESTÃO DE NÁUPLIOS DE *Artemia* PELAS LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum* EM DIFERENTES ESTÁGIOS LARVAIS

RESUMO

Foi estudado o consumo de náuplios de *Artemia* oferecidos em diferentes densidades por larvas de *Macrobrachium amazonicum* em cada estágio larval. Náuplios de *Artemia* (NA) foram contados e transferidos para béqueres de 40 mL com água salobra (10‰), contendo uma larva de *M. amazonicum*; foram testadas as densidades 2, 4, 6, 8, 10 e 12 NA/mL. Após 24 horas, foram contados os náuplios restantes para verificar o consumo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 8 x 6 (com 12 repetições). O primeiro fator correspondeu aos estágios larvais e o segundo fator às densidades de náuplios de *Artemia*. O consumo variou em função da densidade de náuplios ($p = 0,0001$) e dos estágios larvais ($p = 0,0001$), e foi verificada interação entre os dois fatores ($p = 0,0001$). O consumo não diferiu estatisticamente nos estágios II e IV em nenhuma densidade de náuplios de *Artemia*. Os estágios III e VI-VII apresentaram padrão diferenciado, com o consumo bem mais alto que os demais. Nos estágios V, VIII e IX o consumo de náuplios não diferiu entre as densidades 2 e 4 NA/mL, mas esse grupo diferiu significativamente nas densidades 10 e 12 NA/mL. O consumo observado nas densidades de oferta 6 e 8 NA/mL não diferiram das demais em nenhum estágio larval. As larvas nos estágios VI-VII não apresentaram saciedade, ou a disponibilidade foi inferior às suas necessidades. São necessários estudos futuros para verificar se as larvas de *M. amazonicum* apresentam saciedade ou “alimentação supérflua” (oportunista).

1. INTRODUÇÃO

A alimentação é um dos fatores mais críticos para o desenvolvimento de larvas de crustáceos decápodes (Jones *et al.*, 1997; Anger, 2001). Nos primeiros estágios, as larvas são pequenas e apresentam estruturas parcialmente desenvolvidas. As larvas de *Macrobrachium amazonicum* apresentam pereópodos rudimentares e ausência dos pleópodos até o estágio IV (Guest, 1979). Portanto, a sua capacidade para o deslocamento e apreensão da presa é limitada, e o manejo alimentar inadequado pode reduzir o crescimento e induzir ao canibalismo (Jones *et al.*, 1997). A lecitotrofia primária é uma estratégia para viabilizar o desenvolvimento nos primeiros dias, e está presente na maioria das espécies de larvas de decápodes (Anger, 2001). Algumas espécies de *Macrobrachium* realizam toda a fase larval utilizando como fonte de energia a alimentação endógena; no entanto, as larvas que dependem do ambiente estuarino, geralmente, apresentam pouco vitelo e são originadas de ovos pequenos e desova numerosa (Jalihal *et al.*, 1993). Segundo Araújo (2005), as larvas de *M. amazonicum* podem chegar ao estágio IV com o uso das reservas endógenas. O autor observou que elas não se alimentam no primeiro estágio; entretanto, a ausência de alimento no estágio II induziu a redução do ganho de peso das larvas.

Os náuplios de *Artemia* correspondem ao alimento vivo mais utilizado na larvicultura de peixes e crustáceos (Sorgeloos *et al.*, 1998). No entanto, como são provenientes de coletas de cistos no ambiente natural, a produção pode sofrer oscilações em função das variações ambientais, interferindo na composição nutricional dos náuplios e nos preços de mercado (Lavens *et al.*, 2000). Em larviculturas de *M. rosenbergii* e *M. amazonicum* esse insumo pode corresponder a aproximadamente 40% dos custos de produção (Lavens *et al.*, 2000; Vetorelli, 2004). Desse modo, é preciso identificar a densidade ideal da oferta que atenda às necessidades nutricionais das

larvas, evitando a escassez do recurso ou a sobra. A escassez pode induzir redução do crescimento e da sobrevivência das larvas, enquanto que a sobra pode comprometer a qualidade da água do cultivo, aumentando a concentração dos compostos nitrogenados no sistema e o custo de produção. Segundo Loya-Javellana (1989), é preciso identificar a menor densidade, suficiente para que ocorra a máxima taxa de ingestão, adequando a mesma aos diferentes estágios larvais.

Estudos relacionados à taxa de ingestão do alimento vivo foram realizados para várias espécies: *Hyas araeus* (Anger & Dietrich, 1984), *Penaeus kerathurus* (Yúfera *et al.*, 1984), *Palaemon serratus* (Yúfera & Rodríguez, 1985a), *Palaemonetes varians* (Yúfera & Rodríguez, 1985b), *Metapenaeus ensis* (Chu & Shing, 1986), *Ranina ranina* (Minagawa & Murano, 1993), *Scylla serrata* (Suprayudi *et al.*, 2002) e *M. rosenbergii* (Barros & Valenti, 2003). De uma maneira geral, densidades mais altas de alimento condicionam maior crescimento das larvas, maior sobrevivência e períodos mais curtos de intermuda (Minagawa & Murano, 1993; Anger, 2001; Suprayudi *et al.*, 2002). No entanto, foi observado nos estágios finais das larvas de *M. rosenbergii* que a densidade necessária para que ocorra a taxa máxima de ingestão é superior à carga que o meio pode suportar (Barros & Valenti, 2003); nesse caso, as necessidades nutricionais das larvas requerem um suplemento alimentar. Em larvas de *Scylla serrata* as taxas mais altas de ingestão são acompanhadas do aumento de megalopas defeituosas (Suprayudi *et al.*, 2002).

A alimentação deficiente aumenta o canibalismo, prolonga o desenvolvimento larval e reduz a sobrevivência; por isso é necessário identificar a quantidade adequada para cada espécie e para cada estágio (Jones *et al.*, 1997). Isto é essencial para o estabelecimento de uma estratégia de manejo adequada. Até o momento, nenhum estudo foi realizado para larvas de *M. amazonicum*. Assim, o objetivo desse estudo foi

determinar o consumo de náuplios de *Artemia* pelas larvas dessa espécie em cada estágio larval.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Origem dos animais

As larvas foram obtidas de fêmeas ovígeras capturadas no Rio Guajará, Santa Bárbara, Pará (01° 14' 30"S, 48° 19' 52"W). As fêmeas foram desinfetadas em solução de formaldeído 25 mg/L, por trinta minutos, e em seguida foram estocadas no tanque de eclosão. Após a eclosão, as larvas foram contadas e estocadas em densidade 100 larvas/L, em dois tanques de 50 L, acoplados a filtros biológicos, operados em sistema fechado dinâmico (Valenti & Daniels, 2000). O alimento ofertado durante todo o cultivo foi náuplios de *Artemia* (NA) recém eclodidos, fornecidos *ad libitum* (mais de 15 náuplios/mL). As variáveis fixadas para o cultivo estão descritas na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros adotados na larvicultura

Parâmetros	Valores
Temperatura	29,5 ± 1°C
Salinidade	10,0 ± 0,5 ‰
pH	8,0 ± 0,3
Amônia (NH ₄ ⁺), (NH ₃)	< 0,1 mg/L
Nitrito (NO ₂)	< 0,1 mg/L;
Fotoperíodo	12/12 horas (claro/escuro)

2.2. Coleta e seleção das larvas

Durante o cultivo, larvas foram coletadas dos tanques, transferidas para lâminas escavadas e analisadas sob microscópio. Larvas em cada estágio testado, definido de acordo com Guest (1979), e no estágio A-C do ciclo de muda (de acordo com Hayd,

2007), foram estocadas individualmente em béqueres com volume útil de 40 mL de água salobra (10 ‰) proveniente do tanque de cultivo e filtradas em tela de 80 µm. Estes foram estocados com 2, 4, 6, 8, 10 e 12 náuplios/mL de *Artemia franciscana*, recém-eclodidos. Os náuplios foram contados um a um, com o auxílio de um tubo de vidro e o consumo foi conferido após 24 horas. Para cada densidade de náuplios de *Artemia* e cada estágio larval foram estocados 12 béqueres (réplicas).

Os béqueres foram acondicionados em banho-maria, em caixa preta de 50 L, provida de aquecedor e aeração. A temperatura variou entre 29 e 30°C. Após 24 horas, os náuplios restantes foram transferidos para placas de *Petri* quadriculadas e contados, sob estereomicroscópio. Foram considerados apenas os náuplios que estavam íntegros. As parcelas em que ocorreu mudança de estágio larval durante o teste foram descartadas. Como isso ocorreu com muita frequência em larvas no estágio VI, não foi possível avaliar esse estágio separadamente. Então, os estágios VI e VII foram agrupados para a análise dos dados.

2.3. Análise dos dados

Para cada estágio larval de *M. amazonicum* foi quantificado o consumo de náuplios de *Artemia* (NA) ofertados nas densidades 2, 4, 6, 8, 10 e 12 náuplios/mL. Para análise estatística dos resultados foram realizados testes de normalidade (Shapiro-Wilk), e de homocedasticidade (Brown-Forsythe). Como não foi observado desvio significativo da normalidade e homocedasticidade aplicou-se ANOVA pelo teste *F*, em esquema fatorial, para determinar as diferenças entre as médias do consumo de náuplios de *Artemia*, nas seis densidades, para cada estágio larval. O primeiro fator correspondeu aos estágios larvais e o segundo fator às densidades de náuplios de *Artemia*. Quando a diferença foi significativa, as médias foram comparadas pelo teste Tukey-Kramer. Os tratamentos apresentaram número diferente de réplicas devido ao descarte das

amostras em que houve mudança de estágio larval. Desse modo, o número de repetições para cada densidade, de cada estágio larval, variou de 6 a 12 larvas. Considerou-se que as médias são diferentes quando $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo SAS 8.0.

3. RESULTADOS

O consumo dos náuplios de *Artemia* pelas larvas de *M. amazonicum* variou significativamente com o aumento da densidade de náuplios ofertados ($p = 0,0001$); ao longo do desenvolvimento ontogenético das larvas ($p = 0,0001$); houve interação significativa entre esses dois fatores ($p = 0,0001$).

As larvas não se alimentaram no estágio I, iniciando a ingestão de náuplios a partir do estágio II. Neste, a ingestão variou de 4 a 122 náuplios/larva. O consumo não diferiu estatisticamente nos estágios II e IV em nenhuma densidade de náuplios (Figura 1). Nos estágios V, VIII e IX o consumo não diferiu entre as densidades 2 e 4 NA/mL, mas esse grupo diferiu significativamente das densidades 10 e 12 NA/mL, que, por sua vez, também não diferiram entre si; assim como, as densidades 6 e 8 NA/mL não diferem das demais (Figura 1). Por outro lado, os estágios III e VI-VII apresentaram padrão diferenciado, com consumo bem mais alto. No estágio III a ingestão variou entre 30 e 230 NA/larva, a variabilidade foi alta e não houve diferença estatisticamente significativa nas médias de consumo a partir da densidade 4 NA/mL (Figura 1). Nos estágios VI-VII a ingestão diferiu significativamente entre as densidades 8, 10, e 12 NA/mL (Figura 1). Nestes estágios foram observados os maiores consumos de *Artemia*, atingindo média de 235 NA/larva, na densidade 12 NA/mL.

O consumo de náuplios de *Artemia* não variou entre os estágios larvais nas densidades 2 e 4 NA/mL (Figura 2). Por outro lado, a partir de 6 NA/mL, observou-se um pico de consumo no estágio III e outro nos estágios VI-VII (Figura 2).

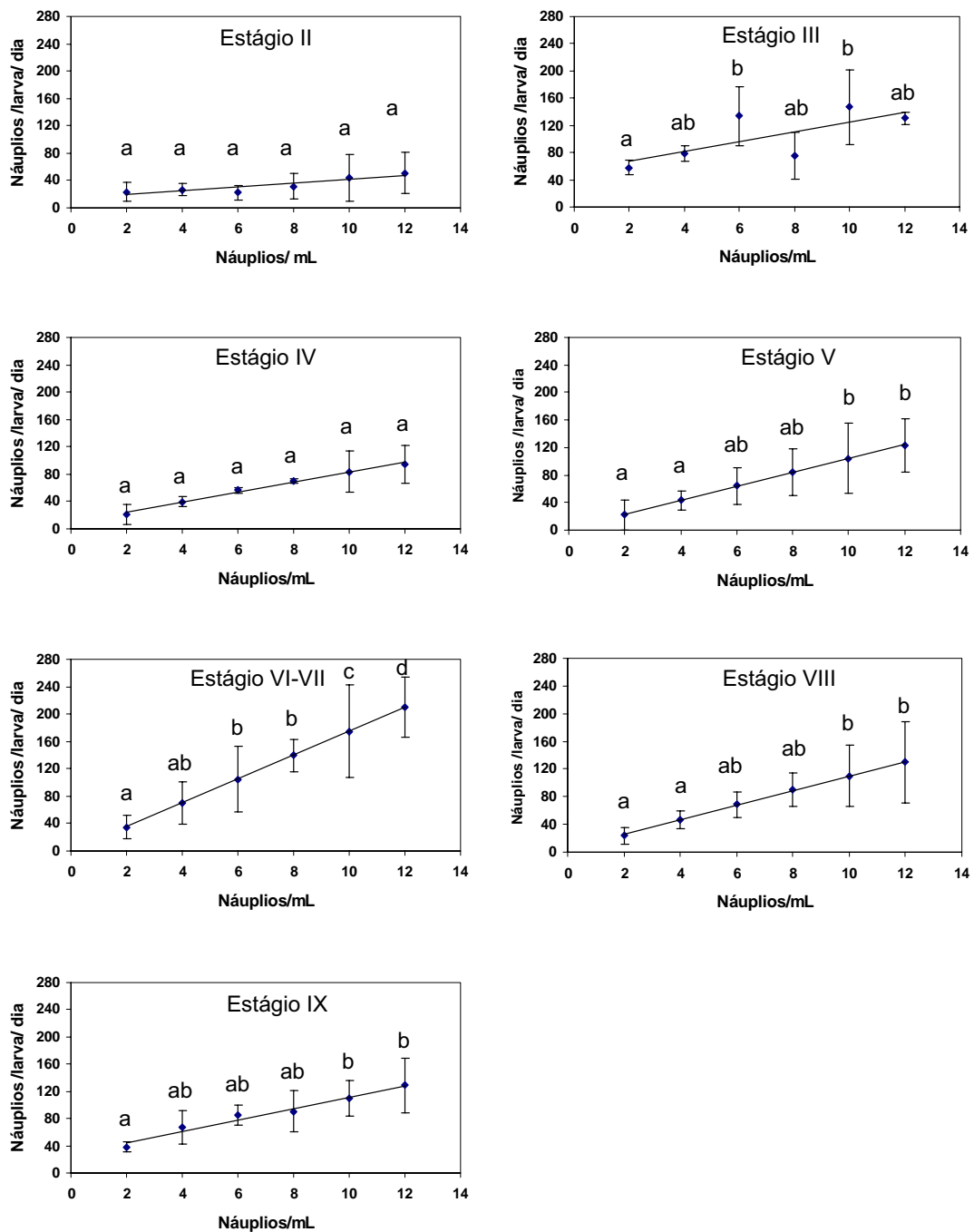


Figura 1 – Variação no consumo de náuplios de *Artemia* (NA) com o aumento da densidade em cada estágio larval. As barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey-Kramer.

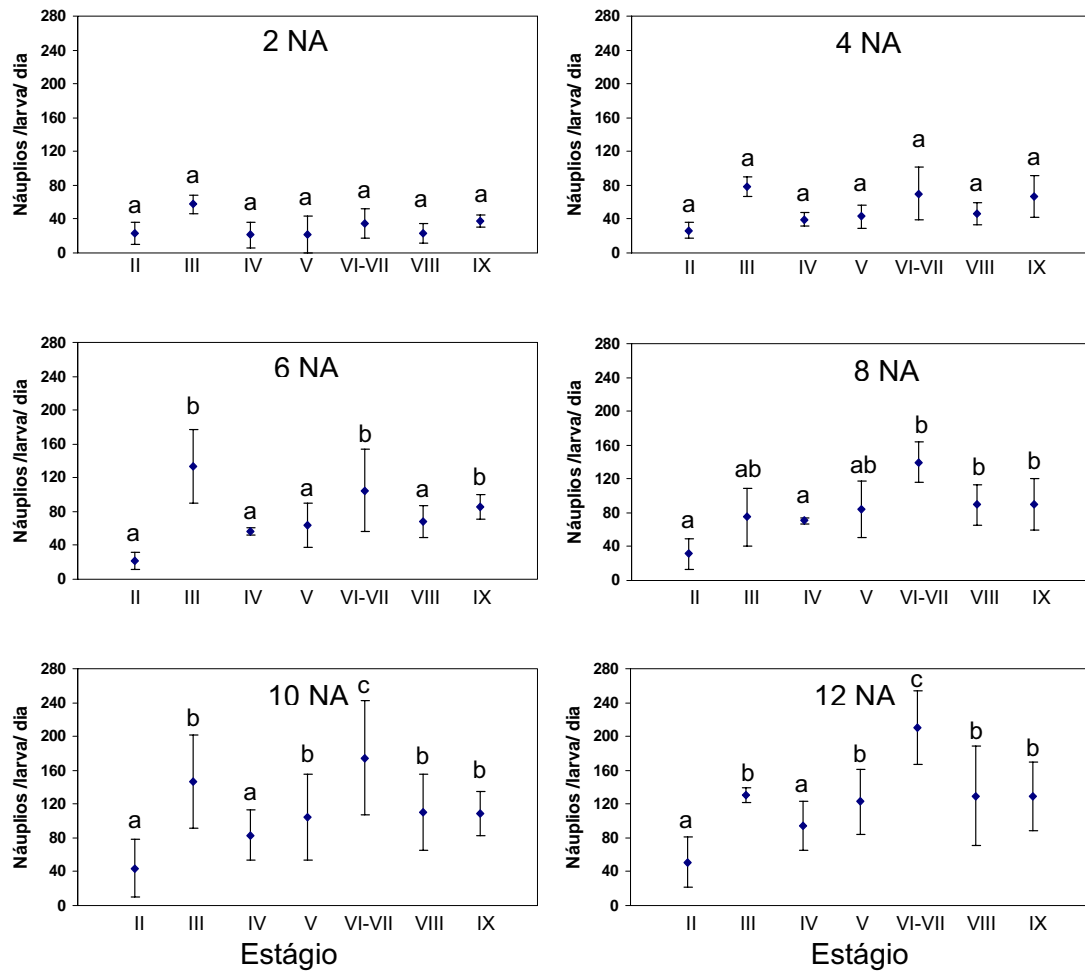


Figura 2 - Consumo de náuplios de *Artemia* (NA) em cada densidade de oferta (náuplios/mL), nos diferentes estágios larvais. As barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey-Kramer.

4. DISCUSSÃO

Larvas de *M. amazonicum* aumentam a taxa de ingestão de náuplios de *Artemia* em resposta ao aumento da densidade da presa. Isto também foi observado em larvas de várias outras espécies de crustáceos: *Palaemon serratus* (Yúfera & Rodriguez, 1985a), *Palaemonetes varians* (Yúfera & Rodriguez, 1985b), *Metapenaeus ensis* (Chu & Shing, 1986), *Ranina ranina* (Minagawa & Murano, 1993), *Scylla serrata* (Suprayudi *et al.*, 2002) e *Macrobrachium rosenbergii* (Barros & Valenti, 2003). A captura do alimento pelas larvas de decápodes pode ocorrer pela chance de encontro (Moller, 1978; Anger, 2001). Portanto, a maior densidade de *Artemia* aumenta a probabilidade da larva aproximar-se da presa e realizar a captura e ingestão (Anger, 2001).

Não foi observado nas larvas de *M. amazonicum* aumento marcante do consumo de náuplios de *Artemia* ao longo do desenvolvimento ontogenético. Foram registrados picos de consumo nos estágios III e VI-VII. Isto fica particularmente evidente nos testes realizados com elevada densidade de náuplios de *Artemia* (10 e 12 NA/mL). Esse padrão difere do que tem sido observado na maioria dos crustáceos decápodes, que aumenta o consumo do alimento vivo com o desenvolvimento ontogenético (Yúfera & Rodriguez, 1985a; Yúfera & Rodriguez, 1985b; Chu & Shing, 1986; Minagawa & Murano, 1993; Suprayudi *et al.*, 2002; Barros & Valenti, 2003). Variações na ingestão de presas ao longo do desenvolvimento pode ser devido a mudanças no comportamento (Jones *et al.*, 1997), hábito e necessidades nutricionais, na capacidade de movimentação e apreensão (Lavens *et al.*, 2000) e no desenvolvimento do trato digestório e produção enzimática (Kamarudin *et al.*, 1994). Além disso, as larvas de *M. amazonicum* crescem com as mudanças de estágios (Guest, 1979). Portanto, a relação tamanho da presa/tamanho do predador é alterada e pode se tornar mais adequada em alguns estágios do que em outros (Lavens *et al.*, 2000; Suprayudi *et al.*, 2002; Barros & Valenti, 2003).

Estudos futuros devem ser realizados para determinar quais desses fatores estão realmente interferindo no processo de ingestão de náuplios de *Artemia* pelas larvas de *M. amazonicum*.

Larvas de *M. amazonicum* no estágio II são ricas em vitelo e apresentam lecitotrofia facultativa, isto é, podem ou não se alimentar. Foi observado em *M. rosenbergii* que as necessidades nutricionais das larvas nos estágios iniciais são condicionadas pelo estado nutricional das fêmeas no período da formação dos ovos (Cavalli *et al.*, 1999). Portanto, variações individuais devem ocorrer em larvas provenientes de fêmeas diferentes, pois o experimento foi desenvolvido com larvas originadas de várias fêmeas. Araújo (2005) observou que nem todas as larvas de *M. amazonicum* no estágio II ingerem alimento e estas podem atingir o estágio IV sem alimentação exógena. Desse modo, a variabilidade observada pode ser decorrente do fato que as necessidades alimentares variam entre as larvas no mesmo estágio.

As larvas de *M. amazonicum* apresentaram um pico de consumo dos náuplios de *Artemia* nos estágios III e VI-VII. No estágio III, muitas delas ainda apresentam reservas vitelínicas e, portanto, a ingestão deve ser variável entre os indivíduos, causando a variabilidade observada. É possível que ocorra um aumento no metabolismo das larvas no estágio III devido ao início da alimentação exógena. O aumento da ingestão de náuplios no estágio III foi observado anteriormente, em larvas dessa espécie, por Araújo (2005).

Nos estágios VI-VII as larvas aparentemente não apresentam saciedade, ou a disponibilidade de alimento ofertado foi inferior às suas necessidades, pois o consumo de náuplios aumentou significativamente nas três últimas densidades estudadas. Nessa fase, os peréopodos e pleópodos estão bem desenvolvidos e as larvas apresentam estatocistos formados (Guest, 1979); com isso, a capacidade de deslocamento e captura

dos náuplios se amplia. Yúfera & Rodríguez (1985a, 1985b) não observaram ponto de saciedade em larvas de *Palaemon serratus* e *Palaemonetes varians*. Barros & Valenti (2003) observaram nos últimos estágios larvais de *M. rosenbergii* que a densidade de náuplios suficiente para que ocorra a máxima taxa de ingestão excede a capacidade de suporte do meio. O aclaramento é uma manifestação conhecida no comportamento alimentar do zooplâncton em função da disponibilidade de alimento (Juan, 1997). Essa estratégia presente nas larvas de decápodes tem implicações ecológicas que estão relacionadas às “manchas” de presas planctônicas e à eventual resistência à escassez em determinados períodos do ano (Anger & Dawirs, 1981; Anger, 2001). Entretanto, densidades acima de 1 indivíduo/mL observadas em tanques de larvicultura, dificilmente vão ocorrer no ambiente natural (Anger, 2001).

O maior consumo de alimento nos estágios VI-VII pode ser uma estratégia adaptativa para acúmulo de reserva energética. Esse fenômeno é comum em larvas de crustáceos decápodes, e caracteriza a ocorrência de um ponto de saturação de reserva (Anger, 2001). Larvas de lagosta *Paralithodes camtschaticus* acumulam energia no estágio filisoma e não se alimentam no estágio puerulos, que antecede a metamorfose final, caracterizando uma lecitotrofia secundária (Abrunhosa & Kittaka, 1997). Larvas de *Hyas araneus* são capazes de realizar um acúmulo de reserva suficiente para a metamorfose, após a suspensão do alimento, caracterizando uma lecitotrofia facultativa (Anger, 1987).

Lemos & Phan (2001) observaram que as larvas de *Farfantepenaeus paulensis* apresentam alta atividade natatória na fase planctônica, acompanhada de alto metabolismo, maior ingestão de alimento e crescimento, enquanto que, na fase de transição para hábito bentônico, ocorre redução do metabolismo e da taxa de crescimento. Agard (1999) observou em larvas de *M. rosenbergii* que na fase de pré-metamorfose o crescimento torna-se lento ou negativo e ocorre crescimento abrupto do

hepatopâncreas (300%). As larvas de *M. amazonicum* diminuiriam o consumo dos náuplios nos estágios VIII e IX que pode representar uma fase de transição entre o hábito planctônico e bentônico, sugerindo redução no metabolismo e preparo para a metamorfose. Além disso, os náuplios de *Artemia* possivelmente são pequenos para os últimos estágios larvais de *M. amazonicum*, aumentando a demanda de energia para sua captura, e as larvas mudam o hábito alimentar de predador para preferência pela dieta inerte, nessa fase (Araújo, 2005). O comportamento alimentar das larvas de crustáceos decápodes podem sofrer grandes alterações ao longo do desenvolvimento: na espécie *Penaeus monodon* as larvas no estágio Misis são filtradoras e passam para um comportamento predador raptorial a partir de PL1 (Loya-Javellana, 1989). Chu & Shing (1986) observaram mudança de hábito alimentar de onívoro para carnívoro em larvas de *Metapenaeus ensis*. *M. rosenbergii* é predador nos estágios iniciais, e aumenta a aceitação da dieta inerte nos últimos estágios (Barros & Valenti, 2003).

O aumento no consumo por um predador em resposta à maior densidade de presas pode gerar redução no tempo de trânsito no trato digestório e conseqüentemente na assimilação de nutrientes. Isto foi observado em larvas do caranguejo *Hyas araneus* por Harms *et al.* (1991). Esse comportamento alimentar foi denominado de “alimentação supérflua”, caracterizado pelo aumento do consumo em resposta à disponibilidade, não acompanhado do aumento da assimilação. Portanto, fornecer náuplios na densidade que condiciona a maior taxa de ingestão pode não ser a estratégia mais adequada para larviculturas comerciais.

O estabelecimento de um manejo alimentar adequado e otimizado é essencial para o sucesso da larvicultura porque esse item corresponde à cerca de 40% dos custos de produção (Lavens *et al.*, 2000; Vetorelli, 2004). Neste trabalho, constatamos que as larvas de *M. amazonicum* aumentam a ingestão com o aumento da densidade de náuplios de *Artemia*. Além disso, há picos de consumo de alimento nos estágios III e VI-

VII. No entanto, estudos são necessários para verificar se essa espécie apresenta saciedade ou alimentação supérflua. No béquer não ocorrem encontros agonísticos e o deslocamento no espaço é limitado. Portanto, antes de aplicar esses conhecimentos em larviculturas em escala comercial, são necessários estudos em tanques de cultivos, em condições similares aos sistemas de produção.

5. REFERÊNCIAS

- Abrunhosa, F. A. & Kittaka, J. 1997. Functional morphology of mouthparts and foregut of the last zoea, glaucothoe and first juvenile of the king crabs *Paralithodes camtschaticus*, *P. brevipes* and *P. platypus*. *Fisheries Science*. 63: 923-930.
- Agard, J. B. R. 1999. A four-dimensional response surface analysis of the ontogeny of the palaemonid shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Journal Experimental Biology Ecology*. 236:209-233.
- Anger & Dawirs, 1981. Influence of starvation on the larval development of *Hyas araneus* (Decapoda, Majidae). *Helgolander Wiss. Meeresunters*. 34: 287-311.
- Anger, K. & Dietrich, A. 1984. Feeding rates and gross growth efficiencies in *araneus* L. larvae (Decapoda: Majidae) reared in the laboratory. *Journal Experimental Biology Ecology*. 77: 169-181.
- Anger, K 1987. Energetics of spider crab *Hyas araneus* megalopa in relation to temperature and the molt cycle. *Marine Ecology Progress Series*. 36: 115-122.
- Anger, K. 2001. *The biology of Decapod Crustacean Larvae*. Meppel. The Netherlands, 405p.
- Araújo, M. C. 2005. Efeito da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 87 p.
- Barros, H.P. & Valenti, W.C. 2003. Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 217: 223 –233.

- Cavalli, R.O.; Lavens P & Sorgeloos, P. 1999. Performance of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock fed diets with different fatty acid composition, *Aquaculture* 179: 387–402.
- Chu, K.H. & Shing, C. K. 1986. Feeding behavior of the shrimp, *Metapenaeus ensis*, on *Artemia* naupli, *Aquaculture* 58: 175-184.
- Guest, W. C. 1979. Laboratory life history of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 37 (2): 141-151.
- Harms, J.; Anger, K.; Klaus, S. & Seeger, B. 1991. Nutritional effects on ingestion rate, digestive enzyme activity, growth, and biochemical composition of *Hyas araneus* L. (Decapoda, Mijidae) larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 145: 233-265.
- Hayd L. 2007. Moulting cycle and metabolism during larval development of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 87p.
- Jalihal, D. R.; Sankolli, K. N. & Shenoy, S. 1993. Evolution of larval developmental patterns and the process of freshwaterization in the prawn genus *Macrobrachium* (Bate, 1968) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 65 (3): 365-376.
- Jones, D. A.; Yule, A. B.; Holland, D. L. 1997. Larval nutrition. In: D'Abramo, L. R.; Conklin, D. E.; Akiama, D. M. Crustacean Nutrition. *Advances in World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA*. p. 353-387.
- Juan, L. C. L. 1997. *El Océano Y Sus Recursos Iv. Las Ciencias Del Mar: Oceanografía Biológica*. Segunda edición (La ciencia para Todos), México, D.F

- Kamarudin, M. S., Jones, D.A., Vay, L. & Abidin, A. Z. 1994. Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 123: 323-333.
- Lavens, P., Thongrod, S. & Sorgeloos, P., 2000, Larval prawn feeds and dietary importance of *Artemia*. In: New, M. B., Valenti, W. C (Eds), *Freshwater Prawn Culture*, Blakwell, Oxford, pp. 91-111.
- Lemos, D. & Phan, V.N. 2001. Energy partitioning into growth, respiration, excretion and exuvia during larval development of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Aquaculture* 199: 131–143.
- Loya-Javellana, G.N. 1989. Ingestion saturation and growth responses of *Penaeus monodon* larvae to food density. *Aquaculture* 81: 329-336.
- Minagawa, M. & Murano, M. 1993. Larval feeding rhythms and food consumption by the red crab *Ranina ranina* (Decapoda, Raninidae) under laboratory conditions. *Aquaculture* 113: 251-260.
- Moller, T. H. 1978. Feeding behaviour of larval and pós-larval of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) (Crustacea: Palaemonidae) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 35, p. 251-258.
- Sorgeloos, P., Coutteu, P., Dhert, P., Merchie, G. & Lavens, P. 1998. Use of brine shrimp *Artemia* spp., in larval crustacean nutrition: a review. *Reviews in Fisheries Science*. 6 (1&2): 55-68.

- Suprayudi, M. A. Takeuchi, T., Hamasaki, K. & Hirokaa, J. 2002. Effect of Artemia feeding schedule and density on the survival and development of larval mud crab *Scylla serrata*. *Fisheries Science*. 68:1295-1303.
- Valenti, W.C. & Daniels, W.H. 2000. Recirculation hatchery system and management. In: New, M.B. & Valenti, W.C. (Eds.), *Freshwater Prawn Culture*. Blackwell, Oxford, pp. 69-90.
- Vetorelli M. P. 2004. Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* em diferentes densidades de estocagem. *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 89 p.
- Yúfera, M. Rodríguez, A. & Lubian, L. M. 1984. Zooplankton ingestion and feeding behavior of *Penaeus kerathurus* larvae reared in the laboratory. *Aquaculture*. 42: 217-224.
- Yúfera, M. & Rodríguez, A. 1985a. Effect of prey density on feeding rates during larval rearing of *Palaemon serratus* Pennant (Crustacea, Palaemonidae). *Aquaculture* 50: 31-38.
- Yúfera, M. & Rodríguez, A. 1985b. Tasas de alimentación y crecimiento de *Palaemonetes varians* (Crustacea, Palaemonidae) durante el desarrollo larvario. *Invest. Pesq.* 49: 597-606.

CAPÍTULO 3

CONSUMO DE NÁUPLIOS DE *Artemia* POR LARVAS DE *Macrobrachium amazonicum* NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO

RESUMO

Foi caracterizado o consumo de náuplios de *Artemia* nos períodos diurno e noturno sobre a ingestão da presa pelas larvas de *Macrobrachium amazonicum*. O experimento foi desenvolvido em tanques de 120 L, providos de filtros biológicos. As larvas foram alimentadas com náuplios de *Artemia* (NA) recém eclodidos, em duas densidades. Seis tanques receberam a quantidade diária total de náuplios de *Artemia* às 20:00 h (4 – 12 NA/dia) e os outros seis receberam a metade da quantidade anterior às 20:00h e, às 8:00 h do dia seguinte, foi reposta a quantidade de náuplios consumida durante a noite. Cada um dos dois manejos alimentares constituiu um tratamento (ADSR e BDCR, respectivamente). Foi verificado o consumo dos náuplios ao longo do dia, às 8:00, 16:00 e 20:00 h. O consumo dos náuplios variou em função do período do dia, do desenvolvimento ontogenético e da frequência da oferta. As larvas se alimentam mais no período diurno do que no noturno, na maioria dos estágios. No período diurno, a ingestão foi similar nas duas frequências da oferta testadas. Ao contrário do que ocorreu à noite, em que a densidade maior propiciou maior chance de encontro, aumentando a ingestão dos náuplios pelas larvas. Apesar das diferenças observadas nos dois manejos alimentares adotados, a produtividade e o peso seco das pós-larvas foram similares. No entanto, houve aumento significativo da sobrevivência no tratamento em que foi fornecida uma única refeição de *Artemia*. Os resultados obtidos indicam que a chance de encontro é um mecanismo importante para a captura da presa no período noturno, mas existe um mecanismo ativo de captura no período diurno.

1 - INTRODUÇÃO

O *Macrobrachium amazonicum*, conhecido como camarão-da-amazônia, é a espécie de água doce mais explorada em pesca artesanal na Amazônia e no nordeste brasileiro (Kutty *et al.*, 2000). Apresenta boa aceitação no mercado consumidor (Moraes-Riodades & Valenti, 2001) e tem despertado interesse para a carcinicultura (Kutty *et al.*, 2000; New, 2005). Recentemente, foi constituído um grupo de pesquisa com o objetivo de produzir um pacote tecnológico para viabilizar a produção sustentável dessa espécie (Valenti & Moraes-Riodades, 2004).

A larvicultura é a fase mais complexa do cultivo de camarões de água doce, e necessita de tecnologia apropriada (Valenti & Daniels, 2000). Nessa etapa, a alimentação corresponde ao ponto mais crítico (Lavens *et al.*, 2000), pois as necessidades nutricionais são espécie-específicas e precisam ser estabelecidas (Jones *et al.*, 1997a). Além disso, a captura, a aceitação, a ingestão e a assimilação do alimento interferem nesse processo (Jones *et al.*, 1997b). A *Artemia* é o principal recurso utilizado na alimentação de larvas de peixes e crustáceos (Sorgeloos *et al.*, 1998). No entanto, sua produção está sujeita a variações sazonais, que interferem no seu perfil nutricional e na sua disponibilidade (Lavens *et al.*, 2000). Com isso, sofre oscilações no mercado, e corresponde a, aproximadamente, 40% dos custos da larvicultura de *M. amazonicum* (Vetorelli, 2004). Desse modo, é fundamental estabelecer um manejo alimentar adequado para o desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia, visando a redução dos custos.

A luz é um importante fator relacionado à taxa de ingestão de larvas de crustáceos decápodes (Anger, 2001). Lin (1997) observou que larvas de *Macrobrachium rosenbergii* aumentam a ingestão do alimento e a sobrevivência em presença de luz contínua. Daniels *et al.* (1992) observaram que larvas dessa espécie se alimentam mais

em dias ensolarados do que nublados, evidenciando a importância da luz na alimentação. Em larvas de caranguejo da espécie *Ranina ranina* a luz contínua condicionou o aumento do canibalismo e redução da sobrevivência (Minagawa, 1994). Em filisomas de *Thenus orientalis*, o aumento de horas em presença de luz reduziu o consumo do alimento e a sobrevivência (Mikami & Greenwood, 1997). Larvas de *M. amazonicum* apresentam maior ganho de peso e produtividade em presença de maior intensidade luminosa (Araújo, 2005). Os estudos realizados até o momento, relacionam a ingestão do alimento ao fotoperíodo ou a intensidade luminosa. No entanto, são escassas informações sobre a taxa de ingestão de alimento pelas larvas nos períodos diurno e noturno. Foi observado que larvas de *R. ranina* se alimentam duas vezes mais durante o dia do que à noite (Minagawa & Murano, 1993). Porém, não há nenhum estudo que caracterize o período trófico diário das larvas de *M. amazonicum*.

Em condições de laboratório, as larvas devem manter seus ritmos biológicos, portanto, pode haver variação no comportamento alimentar relacionadas aos períodos do dia. O conhecimento dos ritmos tróficos das larvas e das quantidades de náuplios de *Artemia* ingeridas em cada período do dia podem fornecer subsídios para otimizar a utilização desse recurso. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi caracterizar o consumo de náuplios nos períodos diurno e noturno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Origem dos animais e condições experimentais

O experimento foi desenvolvido no Centro de Aqüicultura da UNESP, no Setor de Carcinicultura. As larvas utilizadas foram obtidas de fêmeas ovígeras dos viveiros do Setor. Esses animais foram procedentes de larviculturas desenvolvidas a partir de reprodutores trazidos do nordeste do Pará (1°13'25"S, 48°17'40"W) em 2001. As fêmeas ovígeras foram desinfetadas em solução de formol a 25 ppm por trinta minutos e, em seguida foram transferidas para tanques de eclosão com água salobra 5 ‰, providos de aeração. Após a eclosão, as larvas foram coletadas, contadas, aclimadas e estocadas nos tanques de larvicultura. Estes eram cilíndricos, de cor preta e fundo cônico, com volume útil de 120 litros, acoplados a filtros biológicos, em sistema fechado dinâmico (Valenti & Daniels, 2000). A densidade de povoamento foi de aproximadamente 80 larvas/litro e a salinidade da água foi mantida em $10 \pm 0,5$ ‰. Durante o cultivo foram monitoradas e controladas as principais variáveis físicas e químicas da água. A temperatura variou entre 28,7 e 30,5 °C, o pH entre 7,9 e 8,2 e o oxigênio dissolvido entre 7 e 8 mg/L. A amônia e o nitrito foram mantidos próximos a zero (menor que 0,02 mg/L). Esses parâmetros ficaram dentro das faixas recomendadas por Valenti & Daniels (2000) para *M. rosenbergii*. O fotoperíodo foi 12/12 h (claro/escuro).

2.2. Manejo alimentar e estimativa do consumo de náuplios de *Artemia*

As larvas foram alimentadas com náuplios recém-eclodidos de *Artemia*, a partir do segundo dia de cultivo, de acordo com dois manejos diferentes: seis tanques, receberam altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição (ADSR), enquanto que outros seis receberam baixa densidade de náuplios com reposição (BDCR). Em ADSR, a quantidade diária total de náuplios de *Artemia* foi fornecida às 20:00 h (Tabela

1); para BDCR, foi fornecida a metade da quantidade do tratamento anterior às 20:00 h e, às 8:00 h do dia seguinte, foi repostada a quantidade de náuplios consumida durante a noite (Tabela 1). Esses dois manejos foram escolhidos porque a taxa de ingestão do alimento vivo pelas larvas pode ser influenciada pela frequência de fornecimento da presa e variações na densidade (Anger, 2001). Após o estágio V, a alimentação foi complementada com dieta inerte (creme de ovos) fornecida em duas refeições, às 8:00 e às 12:00 h. Foi utilizada a dieta inerte proposta por Mallasen & Valenti (1998) (Tabela 2), que apresenta aproximadamente 45% de proteína bruta, 22% de extrato etéreo, 23% de extrativo não nitrogenado, 9% de matéria mineral e 18% de matéria seca original. A energia bruta é aproximadamente 5000 kcal.kg⁻¹. A quantidade diária foi aumentada ao longo do desenvolvimento larval, de acordo com o consumo.

A quantidade de náuplios e dieta inerte fornecida diariamente foram definidas com base em dados de observações de larviculturas anteriores, desenvolvidas para *M. amazonicum*, assim como, nos dados obtidos no capítulo 2, em que foi verificado o consumo de náuplios de *Artemia* para cada estágio larval (Tabela 1).

Tabela 1 – Densidade de náuplios de *Artemia* (NA) nos tanques de cultivo imediatamente após o fornecimento e quantidade de dieta inerte fornecida diariamente. ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição.

Dias de cultivo	Estágios dominantes	ADSR (NA/mL)	BDCR (NA/mL)	ADSR e BDCR Dieta inerte (g)
2	II	4,0	2,0	-
3	II-III	6,0	3,0	-
4	III	6,0	3,0	-
5	IV	6,0	3,0	-
6	V	8,0	4,0	2,0
7	V-VI	10,0	5,0	2,0
8	V-VI	10,0	5,0	2,5
9-10	VI-VII	12,0	6,0	2,5
11-12	VIII	11,0	5,5	3,0
13-14	VIII	11,0	5,5	3,0
15-16	VIII-IX-PL	11,0	5,5	3,5
17-18	IX-PL	12,0	6,0	4,0

Tabela 2 – Formulação da dieta inerte (Mallasen & Valenti, 1998)

Ingredientes	Quantidades (%)
Ovos	34,00
Lula	10,00
Filé de peixe	10,00
Leite em pó	4,00
Farinha de trigo	2,00
Solução Scoth®	0,80
Premix vitamínico	0,70
Premix mineral	0,70
Água	37,80

O consumo dos náuplios de *Artemia* ao longo do dia foi avaliado às 8:00, 16:00 e 20:00 h. De cada tanque, foram retiradas cinco amostras de 4 mL, com o auxílio de uma pipeta graduada, sem a ponta. Os náuplios presentes em cada amostra foram contados por observação visual e, calculou-se a quantidade de náuplios em 1 mL. Posteriormente, calculou-se a média das cinco unidades de amostra e o resultado foi multiplicado pelo volume do tanque. O consumo noturno foi determinado pela subtração entre o número de náuplios contados às 20:00 h, após a oferta, e o número de náuplios restantes no dia seguinte, às 8:00 h, antes da oferta. O consumo diurno foi calculado pela subtração entre o número de náuplios contados às 8:00 h (após a oferta, no caso do tratamento BDCR) e o número contado às 16:00 h, antes da oferta. A partir das 16:00 h, foi realizada a limpeza dos tanques, que consistiu na troca de tela de 100 μm para a de 500 μm , para recolher cistos e náuplios de *Artemia* remanescentes. Nesse período, foi realizado o sifonamento do fundo dos tanques para recolher restos de alimento não consumidos e excretas das larvas. Após esse procedimento, as telas de 100 μm foram repostas, foi aferida a temperatura e o fluxo de água para os filtros biológicos.

Os tanques foram despescados 18 dias após o povoamento. O número de larvas e pós-larvas foi determinado por contagem individual. A partir desses dados e dos valores de estocagem de cada tanque, determinou-se a taxa de sobrevivência, o coeficiente de mortalidade e a curva de sobrevivência, conforme se segue:

$$S = N_T / N_0 \quad (1)$$

$$m = - \ln S / T \quad (2)$$

$$N_t = N_0 \cdot e^{-mt} \quad (3)$$

Sendo:

S = taxa de sobrevivência final, expressa em proporção

N_T = número de larvas despescadas

N_0 = número de larvas estocadas no tanque

m = coeficiente de mortalidade

T = duração do cultivo em dias

N_t = número de larvas presentes no tanque a cada dia de cultivo

e = base dos logaritmos naturais

t = dias de cultivo

A curva de sobrevivência foi adaptada de Margalef (1998), que apresenta a curva de sobrevivência para uma única coorte. Esta equação considera a taxa de mortalidade constante ao longo do tempo e tem sido largamente usada em estudos de biologia pesqueira para previsão de estoques. Como não foram observadas fases de maior mortalidade nos tanques de larvicultura, essa curva é aceitável para estimar a quantidade de animais presentes no tanque a cada dia.

O número de animais contido nos tanques a cada dia de cultivo foi estimado substituindo o dia desejado na equação (3). A seguir, dividiu-se o número de náuplios consumidos naquele dia pelo número de animais contidos no mesmo tanque para estimar o consumo de náuplios de *Artemia*/larva.

2.3. Índice de estágio larval (IEL), índice de condição larval (ICL)

A cada dois dias, às 14:00 h, foram verificados o Índice de Estágio Larval (IEL) (Manzi *et al.*, 1977) e Índice de Condição Larval (ICL) (adaptado de Tayamen & Brown, 1999). Foram analisadas 60 larvas para cada tratamento (ADSR e BDCR). Para o cálculo do IEL não foram consideradas as pós-larvas. Os nove estágios larvais foram identificados segundo as descrições de Guest (1979). O índice de estágio larval (IEL) foi

determinado de acordo com o método da média ponderada de Manzi *et al.* (1977) pela seguinte fórmula:

$$IEL = (\sum n_i E_i) / n$$

Sendo:

n_i = nº de larvas no estágio E_i ;

n = nº de larvas analisadas;

E = estágio de desenvolvimento larval;

IEL = varia de 1 a 9.

O índice de condição larval (ICL) foi determinado seguindo a planilha desenvolvida por Tayamen & Brown (1999) para *M. rosenbergii*, adaptada para *M. amazonicum*. Os itens analisados foram: condições do intestino, condições do hepatopâncreas, estado dos cromatóforos, coloração do corpo, estado do rostro e cerdas, proporção da musculatura em relação ao intestino, aparência do músculo do abdômen, melanização e presença de organismos infestantes. Cada item checado recebia um valor de 0 a 2, sendo: 0 = pobre; 1 = satisfatório; 2 = excelente. O índice de condição larval (ICL) foi determinado de acordo com a fórmula abaixo:

$$ICL = \sum P / n$$

Sendo:

P = total de pontos atribuído a cada larva analisada;

n = nº de larvas analisadas;

ICL varia de 0 a 2.

2.4. Sobrevivência, produtividade e peso seco das pós-larvas

No final do cultivo, foram determinadas a sobrevivência, a produtividade e o peso seco das pós-larvas. Para obter o peso seco, cinco amostras de 10 PL foram retiradas de cada tanque e acondicionadas em cartuchos de papel alumínio, previamente pesados. Em seguida, estes foram colocados em placas de Petri e mantidos em estufa, com temperatura 75 °C, por 48 h. Então, os cartuchos foram transferidos para um dessecador e, após duas horas, foram pesados em balança com acurácia de 1 µg.

2.5. Delineamento experimental e análise dos dados

O delineamento experimental foi em blocos totalmente casualizados, com dois tratamentos (manejos alimentares, ADSR e BDCR) e seis réplicas. Para análise estatística dos resultados, foram realizados os testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Brown-Forsythe). Como não foi observado desvio significativo da normalidade e homocedasticidade, aplicou-se ANOVA pelo teste *F*. Para análise do consumo de *Artemia* foi realizada ANOVA em parcelas sub-subdivididas. As parcelas correspondem aos manejos alimentares (ADSR e BDCR); as subparcelas são os dias de cultivo e as sub-subparcelas são os períodos do dia (diurno e noturno). A sobrevivência, a produtividade e o peso seco foram analisados por ANOVA com duas classificações, sendo uma delas os blocos e a outra o manejo alimentar. Os dados de sobrevivência foram transformados pelo arco-seno \sqrt{x} , mas, foram apresentados em percentual para facilitar o entendimento. Considerou-se que as médias diferem significativamente quando $p < 0,05$. Os dados foram analisados com o auxílio do aplicativo SAS (versão 8.0).

3. RESULTADOS

3.1 – Consumo dos náuplios de *Artemia*

O consumo dos náuplios de *Artemia* pelas larvas foi maior no tratamento ADSR, variou significativamente ao longo dos dias de cultivo e foi maior no período diurno nos dois tratamentos (Tabelas 3 e 4). Além disso, a interação entre os três fatores testados foi significativa, bem como entre a densidade de fornecimento (DA) e o período do dia (PD) e entre DC e PD (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados da ANOVA em parcelas sub-subdivididas para avaliar o efeito do manejo alimentar, dos dias de cultivo e do período do dia sobre o consumo dos náuplios de *Artemia*. Considerou-se significativo quando $p < 0,05$.

Fatores e Interações	Teste <i>F</i>	<i>p</i>
Densidade de fornecimento de náuplios de <i>Artemia</i> (DA)	13,93	0,0003
Dias de cultivo (DC)	16,05	0,0001
DA x DC	0,62	0,8500
Período do dia (PD)	96,44	0,0001
DA x PD	20,56	0,0001
DC x PD	5,40	0,0001
DA x DC x PD	2,91	0,0004

As larvas se alimentam mais no período diurno, por isso, a reposição de náuplios às 8:00 h em BDCR foi baixa. Além disso, no tratamento BDCR o consumo total estimado de náuplios de *Artemia* por larvas durante todo o cultivo foi menor do que o consumo estimado em ADSR (Tabela 4).

As larvas iniciaram a alimentação a partir do segundo estágio larval. A maioria delas atinge esse estágio no segundo dia de cultivo. No estágio II, foi observado um pequeno consumo de náuplios no período diurno e, praticamente, não houve atividade alimentar à noite, nos dois tratamentos. Entretanto, a densidade de fornecimento de náuplios de *Artemia* (DFNA) afetou significativamente o consumo no período diurno, que foi maior no tratamento ADSR em relação à BDCR (Tabela 4, Figura 1). Nos demais estágios, o consumo foi similar nos dois tratamentos no período diurno.

No terceiro e quarto dias observou-se aumento no consumo de *Artemia* no período diurno e baixo consumo noturno. Essa fase corresponde à predominância dos estágios III e IV (Figuras 1). Observou-se aumento contínuo no consumo diurno até o oitavo dia de cultivo, quando predominam larvas no estágio VI. Os maiores consumos de náuplios de *Artemia* foram observados no período que foram predominantes os estágios VI e VII. A seguir, observou-se um platô até o 13º dia, quando predomina o estágio VIII (Figura 1). Em seguida, ocorre declínio e estabilização no consumo até o final.

Entre os dias 12 e 14 predominou o estágio VIII, em seguida, houve miscelânea dos estágios VIII, IX e PL; foi observado um pico de consumo, após o platô. No final do cultivo, a partir do dia 16, predominou a presença de pós-larvas em relação às larvas, e foi observado um alto consumo noturno. Ou seja, no tratamento ADSR reduziu a disponibilidade de alimento durante o dia. Nessa fase, o alimento foi limitante à noite para BDCR e durante o dia para ADSR. O aumento do consumo noturno foi observado desde o dia 14, e ficou nesse padrão até o final do cultivo (Figura 1).

3.2. Índice de estágio larval (IEL), índice de condição larval (ICL), sobrevivência, produtividade e peso seco das pós-larvas

Durante o cultivo, não houve diferença entre o índice de condição larval (ICL) e o índice de estágio larval (IEL) (Figura 2). As primeiras pós-larvas surgiram no 12º dia

cultivo e a conclusão do experimento ocorreu no 18º dia, quando a maioria das larvas havia se metamorfoseado em pós-larvas. A sobrevivência foi significativamente maior no tratamento ADSR; entretanto, a produtividade e o peso seco das pós-larvas, foram similares nos dois tratamentos (Tabela 5).

Tabela 4 – Ingestão de náuplios de *Artemia* (náuplios/larva/12 horas) ao longo do cultivo. ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição. O consumo de náuplios de *Artemia*/larva/hora foi multiplicado por 12 horas para obter o valor de cada período do dia. Média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$)

Dia de cultivo	ADSR		BDCR	
	Dia	Noite	Dia	Noite
2	15,1 \pm 9,6	3,1 \pm 5,3	4,2 \pm 3,8	0,0 \pm 0,0
3	30,6 \pm 7,9	7,0 \pm 5,9	21,6 \pm 11,2	6,7 \pm 7,2
4	36,9 \pm 14,7	12,6 \pm 10,6	33,7 \pm 12,1	16,5 \pm 12,4
5	42,9 \pm 10,5	35,2 \pm 18,2	39,7 \pm 13,8	5,8 \pm 5,1
6	48,4 \pm 23,6	26,0 \pm 14,5	30,0 \pm 12,0	16,3 \pm 9,7
7	60,4 \pm 10,9	25,3 \pm 9,8	48,9 \pm 19,4	13,6 \pm 10,9
8	74,3 \pm 20,1	34,4 \pm 12,6	64,1 \pm 17,9	16,2 \pm 14,5
9	70,1 \pm 13,2	46,6 \pm 20,5	73,2 \pm 6,9	23,7 \pm 11,2
10	61,7 \pm 26,1	47,7 \pm 21,1	80,9 \pm 14,2	22,0 \pm 17,9
11	61,9 \pm 21,9	52,7 \pm 18,5	64,3 \pm 31,3	38,8 \pm 20,6
12	79,5 \pm 24,2	29,0 \pm 24,0	66,9 \pm 12,7	26,4 \pm 15,9
13	59,2 \pm 21,5	43,9 \pm 25,3	68,8 \pm 19,3	24,5 \pm 16,6
14	31,0 \pm 18,8	61,7 \pm 16,6	66,1 \pm 9,4	26,9 \pm 18,4
15	49,3 \pm 25,3	63,8 \pm 31,9	47,8 \pm 12,3	32,9 \pm 17,2
16	43,7 \pm 21,1	81,2 \pm 19,5	65,2 \pm 5,3	43,1 \pm 20,3
17	47,1 \pm 30,2	77,2 \pm 30,0	61,8 \pm 13,2	61,4 \pm 14,2
Total	812 ^a \pm 64	647 ^b \pm 118	837 ^a \pm 46	374 ^c \pm 82
Σ	1426 \pm 88 ^a		1119 \pm 180 ^b	

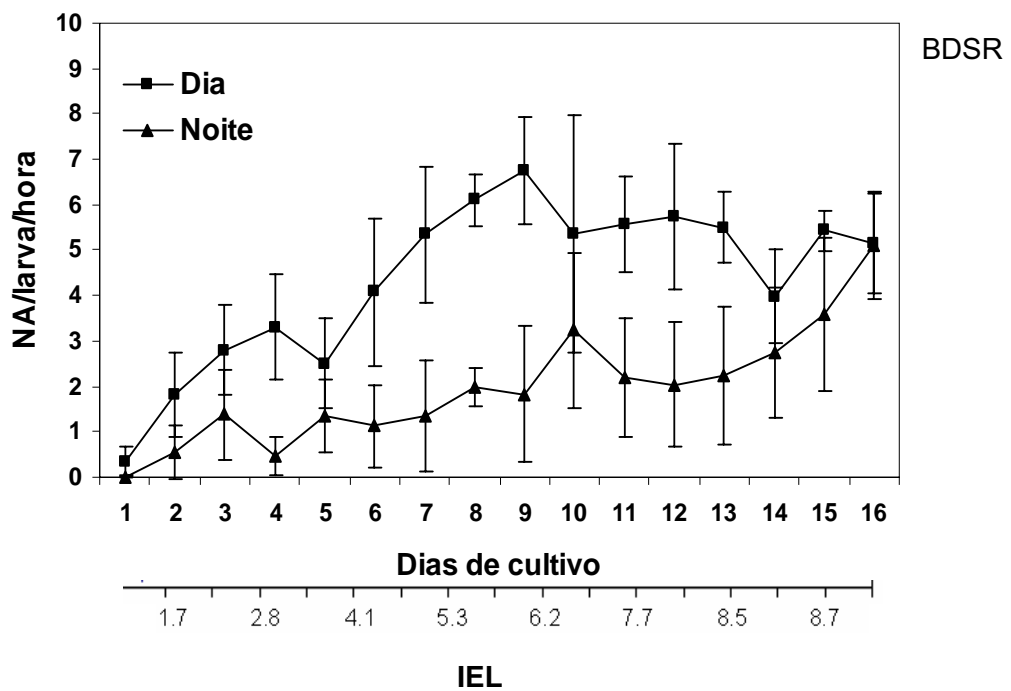
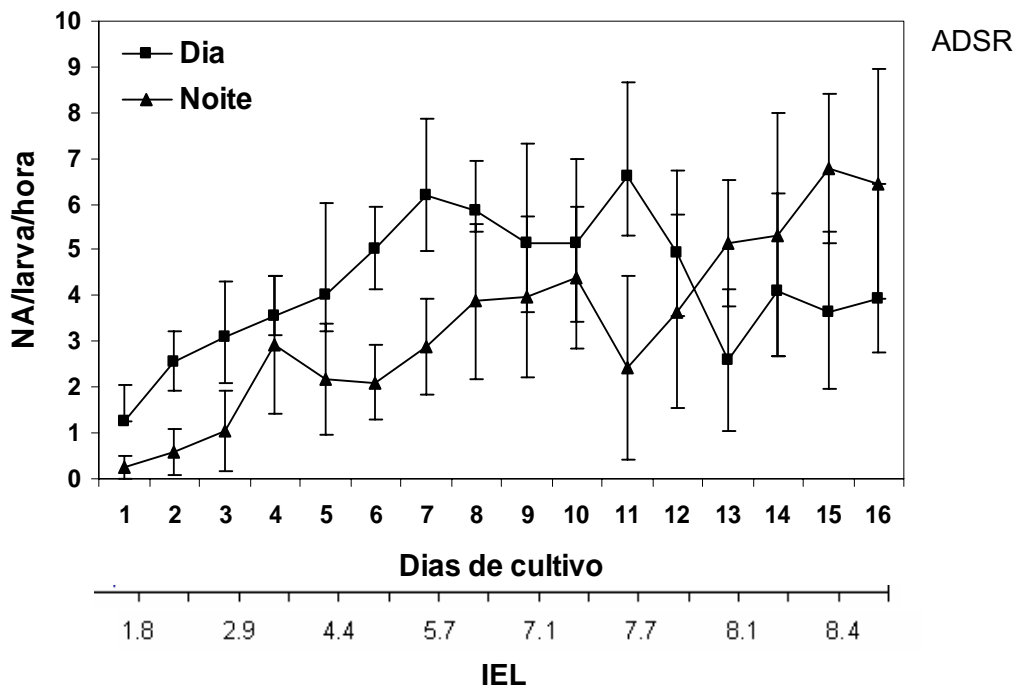


Figura 1 - Consumo médio diário de náuplios por larva ao longo do cultivo, em relação aos dias de cultivo e ao Índice de estágio larval (IEL), submetidos a dois tratamentos: ADSR = ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDSR = baixa densidade de náuplios com reposição. As barras representam o desvio padrão da amostra.

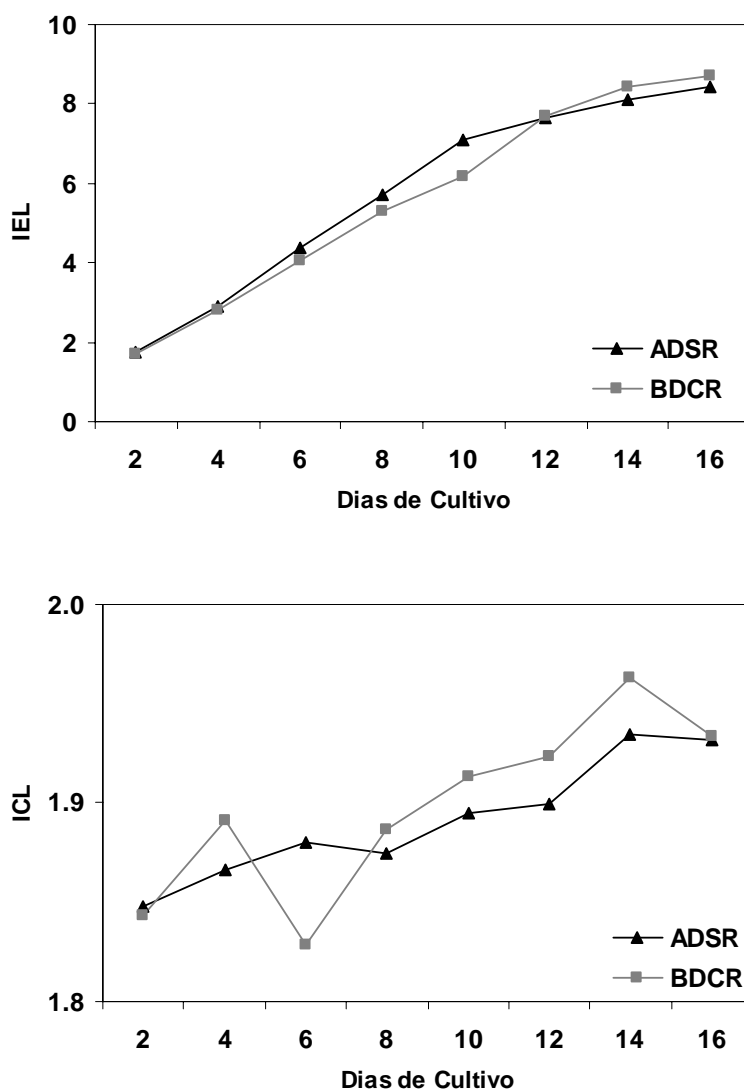


Figura 2 – (A) Índice de Estágio Larval (IEL) e (B) índice de Condição Larval (ICL) de larvas de *Macrobrachium amazonicum* submetidas a dois manejos alimentares: ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição. $n = 60$ larvas por tratamento.

Tabela 5 – Sobrevivência, produtividade e peso seco de pós-larvas submetidas a dois manejos alimentares: ADSR= ofertada de altas densidades de náuplios de *Artemia* sem reposição e BDCR = baixa densidade de náuplios com reposição. Média \pm desvio padrão (letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as médias; $p < 0,05$).

	ADSR	BDCR
Sobrevivência (%)	95,2 \pm 6,6a	85,5 \pm 8,0b
Pós-larvas (%)	90,1 \pm 6,5a	91,2 \pm 4,4a
Larvas (%)	9,9 \pm 6,5a	8,8 \pm 4,4a
Produtividade (PL/L)	75,5 \pm 12,8a	69,8 \pm 15,0a
Peso seco (mg)	1,18 \pm 0,14a	1,04 \pm 0,11a

4. DISCUSSÃO

O consumo de náuplios de *Artemia* (NA) pelas larvas de *M. amazonicum* variou em função da densidade da oferta, dos períodos diurno e noturno e do desenvolvimento ontogenético. No período diurno, as larvas compensaram a menor densidade de náuplios aumentando a atividade de captura e ingestão, enquanto que, no período noturno, a densidade alimentar pode ter interferido na captura da presa. Dois fatores podem estar relacionados ao ritmo alimentar nos períodos diurno e noturno: 1- a presença de luz que influencia a visão e a atividade natatória e o 2- o ritmo circadiano que influencia a atividade trófica e o ciclo de muda. Além disso, durante o desenvolvimento ontogenético, ocorrem alterações estruturais, anatômicas e fisiológicas que interferem na capacidade de captura da presa e no ritmo trófico das larvas.

No presente estudo, as larvas de *M. amazonicum* apresentaram maior captura dos náuplios de *Artemia* no período diurno. O maior ritmo alimentar no período diurno foi observado anteriormente em larvas de caranguejo da espécie *Ranina ranina*, corroborando nossos resultados (Minagawa & Murano, 1993). Cavalari (2006) observou que larvas de *M. rosenbergii* apresentam olhos funcionais desde o primeiro estágio larval. São olhos de aposição, adaptados a visão em ambiente claro. É provável, que as larvas de *Macrobrachium* apresentem acuidade visual. Nesse caso, a visão no período diurno, possivelmente, tem um papel importante na localização e captura da presa pelas larvas.

Na fase escura, as larvas de *M. amazonicum* aumentaram a ingestão quando houve maior densidade de náuplios no meio (ADSR), ou seja, a chance de encontro foi o principal fator relacionado à captura no período noturno. Entretanto, no período diurno, a menor densidade da presa (BDCR) não promoveu redução da ingestão dos náuplios de *Artemia*. Moller (1978) observou, em larvas de *M. rosenbergii*, que a captura do alimento

se dá pela chance de encontro. Ele verificou que as larvas nadam ativamente em direção a luz e não se deslocam na direção do alimento. A fototaxia positiva das larvas de *M. amazonicum* foi observada desde o primeiro estágio. A captura das larvas no tanque de eclosão se deu por uma corrente de água, e pela presença de uma fonte luminosa para atraí-las. É possível que a maior atividade natatória, estimulada pela presença de luz, tenha aumentado a chance de encontro das larvas com a presa. Nesse caso, ou as larvas apresentaram capacidade de perceber o alimento e se deslocaram na sua direção, ou a atividade natatória aumentou a chance da larva aproximar-se da presa e realizar a sua apreensão e ingestão. Barros & Valenti (1997) concordam com a chance de encontro, entretanto, observaram que algumas larvas de *M. rosenbergii* pareciam se deslocar em direção ao alimento.

Barros (2001) observou que as larvas de *M. rosenbergii* ampliam a capacidade de captura do alimento, baseada na visão, a partir do estágio VI. Também observou, aumento da atividade das larvas no período iluminado, acompanhado do aumento do consumo dos náuplios de *Artemia*. No entanto, o autor sugere que o período escuro no ciclo diário pode ter papel importante no metabolismo das larvas. Araújo (2005) observou maior ganho de peso e maior produtividade em larvas de *M. amazonicum* cultivadas na presença de maior incidência de luz. A maioria dos estudos relacionados à influência da luz sobre a alimentação das larvas se refere ao fotoperíodo ou a intensidade luminosa, enquanto que, no presente estudo, foi verificado o ritmo alimentar nos períodos diurno e noturno.

O comportamento alimentar observado nas larvas de *M. amazonicum* sugere que elas apresentam um ritmo trófico, relacionado às fases clara e escura. Recentemente, foi observado em juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* ritmo circadiano relacionado ao hábito alimentar e produção enzimática (Aguilar-Quaresma & Sugai, 2005). É possível que o consumo do alimento em relação ao período do dia, observado no presente

estudo, esteja relacionado à presença de ritmo circadiano nas larvas de *M. amazonicum*. Ritmos circadianos são oscilações biológicas que regulam os organismos ao nível molecular, fisiológico e comportamental (Levine, *et al.*, 2002; Cohen & Forward, 2005). Uma evidência desse comportamento para larvas dessa espécie é a migração vertical em ambiente natural (lagos de várzea da Amazônia Central) (Moreira & Odinetz-Collart, 1993). A luz e a pressão hidrostática são as principais referências para o deslocamento das larvas (Anger, 2001). Além disso, a migração vertical é orientada por esses fatores e pelo hábito alimentar da espécie (Levine, *et al.*, 2002).

Outro fator que pode influenciar na taxa de alimentação de decápodes é a fase do ciclo de muda (Anger, 2001). No presente estudo, observou-se que a muda ocorreu no período noturno, sugerindo que esse processo também está relacionado ao ritmo circadiano nas larvas de *M. amazonicum*. Até o estágio VII, a frequência de muda observada foi, aproximadamente, a cada 24 à 48 horas, e as exúvias foram sempre observadas ao amanhecer, demonstrando que as ecdises ocorreram à noite. Possivelmente, esse é outro fator que pode estar relacionado à redução do consumo no período noturno, pois, após a muda, o animal não pode se alimentar até o endurecimento do exoesqueleto novo. Por outro lado, nos últimos estágios, os ciclos de muda foram mais longos, e ocorreu aumento do consumo de *Artemia* no período noturno. A relação entre o ciclo de muda e o comportamento alimentar, foi observado anteriormente em larvas de *Hyas araneus* e de *Ranina ranina* (Anger & Dietrich, 1984; Minagawa & Murano, 1993). As larvas dessas espécies aumentam a ingestão da presa na pós-muda e intermuda (A-C), ficam mais ou menos constantes na pré-muda (D₀ e D₁) e reduzem quando estão próximos da muda (D₂ e D₄) (Anger & Dietrich, 1984; Minagawa & Murano, 1993). Dalley (1980) submeteu as larvas de *Cragon cragon* a períodos de 8/8 h claro/escuro e observou redução da sobrevivência em relação a períodos de 12/12 h, demonstrando a ocorrência do ritmo circadiano nas larvas. Os

autores atribuíram a influência dos ciclos ambientais na coordenação dos processos fisiológicos das larvas.

Além disso, o desenvolvimento ontogenético das larvas interferiu na ingestão dos náuplios de *Artemia*. No presente estudo, foi observado que no segundo dia de cultivo, as larvas de *M. amazonicum* ingeriram poucos náuplios durante o dia, e praticamente, não se alimentaram à noite. Essa foi a única fase em que a densidade de oferta de náuplios influenciou a captura da presa, no período diurno. Segundo Anger (2001), nos estágios iniciais, a presença do vitelo é uma estratégia reprodutiva que aumenta a chance de sucesso das larvas se desenvolverem no ambiente natural. Possivelmente, a presença de reservas energéticas foi um importante fator que condicionou a ingestão. Provavelmente, as larvas apresentam lecitotrofia primária facultativa no início do desenvolvimento, pois estão aptas a se alimentarem, caso haja disponibilidade do recurso. Porém, a sua capacidade de deslocamento no estágio II deve ser limitada, e a maior densidade deve ter favorecido a chance de encontro e a captura dos náuplios pelas larvas em ADSR. Quando a maioria das larvas atingiu o estágio III o consumo diurno aumentou e passou a ser similar nos dois manejos alimentares adotados (ADSR e BDCR).

Com a evolução dos estágios, as larvas ampliam a sua capacidade de visão, natação e percepção da posição na coluna d'água. Os dias em que foram registrados os maiores consumos de náuplios corresponderam aos estágios predominantes VI e VII, conforme foi observado no capítulo 2. Na segunda metade do cultivo, foi observado o platô no consumo de *Artemia*, provavelmente decorrente da maior preferência das larvas pela dieta inerte, que ocorre a partir do estágio VII (Araújo, 2005), ou pela complementação de nutrientes. No entanto, nos últimos dias de cultivo, foi observado aumento na ingestão, especialmente, no consumo noturno. Nessa fase, aumenta a proporção de pós-larvas em relação às larvas no tanque de cultivo, e possivelmente,

elas contribuem com o consumo que ocorre no período noturno. Lemos & Phan (2001) observaram na fase planctônica de larvas de *Farfantepenaeus paulensis* que elas apresentam alta atividade natatória, alto metabolismo, maior ingestão e crescimento, enquanto que, a fase de transição para hábito bentônico é marcada pela redução do metabolismo e da taxa de crescimento. Ou seja, a taxa metabólica das larvas, assim como o comportamento alimentar podem ser afetados pelo estágio de desenvolvimento.

Em praticamente metade do cultivo, os náuplios ficaram disponíveis à noite, mas somente foram efetivamente consumidos no período diurno. Além disso, o aumento do consumo noturno, em função da chance de encontro, no tratamento ADSR não proporcionou aumento na produtividade. Seria necessário testar, o impacto do aumento na frequência da oferta da dieta inerte acompanhada de baixas densidades de *Artemia* (4 a 6 NA/mL), durante todo o cultivo. Essa hipótese necessita ser testada, pois, o presente estudo levanta as seguintes evidências: no período diurno as larvas compensam a menor densidade de alimento com o aumento da atividade natatória e uso da visão para a captura da presa, assim como, o baixo consumo noturno não reduziu a produtividade (BDCR). No experimento descrito no capítulo 5 dessa tese, sobre cores dos tanques, observou-se que os tratamentos em que ocorreram as maiores taxas de ingestão (tanques verde e vermelho) não foram os que condicionaram as maiores produtividades. Gimenez & Anger (2005) observaram em três espécies de caranguejo, que a limitação da oferta de alimento, por algumas horas diárias, não afetou a sobrevivência nem prolongou o ciclo de muda. As espécies testadas realizam migração vertical, e esse comportamento característico do plâncton, em ambiente natural, ocorre em espécies que alternam períodos de maior taxa de ingestão, seguido de períodos de restrição alimentar.

No presente estudo, o maior consumo de náuplios observado pelas larvas provenientes dos tanques que tiveram acesso a maior densidade de presa (ADSR) não

foi acompanhado de aumento de peso seco, sendo um indício de “alimentação supérflua” em *M. amazonicum*. Segundo Anger (2001) a taxa de alimentação aumenta com a maior disponibilidade, entretanto, a velocidade de trânsito gastro-intestinal é maior e, a assimilação da dieta é menos eficiente. Padrão similar foi observado em larvas do peixe *Clupea harengus pallasii*, no qual o aumento da ingestão do alimento em função da maior disponibilidade (densidade) não foi acompanhado por um aumento proporcional da assimilação e crescimento (Boehlert & Yoklavich, 1984).

Em conclusão, as larvas de *M. amazonicum* se alimentam durante o dia e à noite, mas a maior taxa de ingestão ocorre no período diurno. Os resultados sugerem que a chance de encontro é um mecanismo importante para a captura da presa no período noturno, mas existe um mecanismo ativo de captura no período diurno. Provavelmente, as larvas percebem a presa pela visão, mas estudos são necessários para verificar a acuidade visual das larvas e sua relação com o comportamento alimentar. Provavelmente, as larvas de *M. amazonicum* apresentam um ritmo circadiano, relacionado ao comportamento natatório, alimentar e ao ciclo de muda. Por isso, recomendamos como manejo alimentar em cultivo comercial, a alimentação em uma única refeição no período diurno. Esse manejo minimizaria a mão-de-obra, pois haveria uma única eclosão de *Artemia*, uma única oferta e os náuplios ricos em vitelo estariam disponíveis na fase em que ocorre maior taxa de ingestão.

5 - REFERÊNCIAS

Aguilar-Quaresma, J. & Sugai, J. K. 2005. Circadian profile of feed consumption and amylase and maltase activities in the juvenile shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 36: 141-147.

Anger, K. & Dietrich, A. 1984. Feeding rates and gross growth efficiencies in *Hyas araneus* L. larvae (Decapoda: Majidae) reared in the laboratory. *Journal Experimental Biology Ecology*. 77: 169-181.

Anger, K. 2001. *The biology of Decapod Crustacean Larvae*. Krip, Meppel. The Netherlands, 405p.

Araújo, M. C. 2005 Efeito da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 87 p.

Barros, H. P & Valenti, W, C. 1997. Comportamento alimentar de camarão de água doce, *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879), durante a fase larval. Análise qualitativa. *Revista Brasileira de Zoologia* 14(4): 785-793.

Barros, H. P. 2001. Alimentação de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE) durante a fase larval: efeito da densidade de náuplios de *Artemia*, do tamanho das partículas de ração, do tipo de alimento e do fotoperíodo. *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 76p.

Boehlert, G. W. & Yoklavich, M. M. 1984. Carbon assimilation as a function of ingestion rate in larval pacific Herring, *Clupea harengus pallasii* valenciennes. *Journal of the Experimental Marine Biology*. 79: 251-262.

- Cavalari, V. M. H. 2006. Desenvolvimento ontogenético de estruturas sensoriais em *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN 1879) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE). *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 105p.
- Cohen, J.H. & Forward Jr., R.B. 2005. Diel vertical migration of the marine copepod *Calanopia americana*. II. Proximate role of exogenous light cues and endogenous rhythms. *Marine Biology*. 147, 399-410
- Dalley, R. 1980. The survival and development of the shrimp *Cragon cragon* (L.), reared in the laboratory under non-circadian light-dark cycles. *Journal of the Experimental Marine Biology*. 47: 101-112.
- Daniels, W.D., D' Abramo, L. R. & Parseval, L. D. 1992. Design and management of a closed, recirculation "clear-water" hatchery system for freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879; *Journal Shellfish Research*. 11, 65-73.
- Gimenez, L. & Anger, K. 2005. Effects of temporary food limitation on survival and development of brachyura crab larvae. *Journal of Plankton Research*. 27: 485-494.
- Guest, W. C. 1979. Laboratory life history of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda: Palaemonidae). *Crustaceana*. 37 (2): 141-151.
- Jones, D. A.; Yule, A. B. & Holland, D. L. 1997a. Larval nutrition. In: D'Abramo, L. R.; Conklin, D. E.; Akiama, D. M. Crustacean Nutrition. *Advances in World Aquaculture Society*, Baton Rouge, LA. p. 353-387.
- Jones, D. A, Kumlu, M., Vay, L. Le. & Fletcher. 1997b. The digestive physiology of herbivorous, omnivorous and carnivorous crustacean larvae: a review. *Aquaculture*. 155: 285-295.

- Kutty, M. N.; Herman, F.; Menn, H. L. 2000. Culture of others species. In: New, M. B.; Valenti, W. C. (Eds.) *Freshwater prawn farming: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford. Blackwell Science. p. 393-410.
- Lavens, P., Thongrod, S. & Sorgeloos, P. 2000, Larval prawn feeds and dietary importance of *Artemia*. In: New, M. B., Valenti, W. C (Eds), *Freshwater Prawn Culture*, Blakwell, Oxford, pp. 91-111.
- Lemos, D. & Phan, V.N. 2001. Energy partitioning into growth, respiration, excretion and exuvia during larval development of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Aquaculture* 199: 131–143.
- Levine, J.D., Funes, P., Dowse, H.B. & Hall, J.C. 2002. Signal analysis of behavioral and molecular cycles. *BMC Neuroscience*. 3:(1), p. 1.
- Lin, X. T. 1997. Influence of photoperiod on food consumption and development of *Macrobrachium rosenbergii* larvae. *Oceanologia et Limnologia Sinica*. 29:119-126.
- Manzi, J. J., Madox, M. B. & Sandifer, P. A. 1977. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) larviculture. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 8: 207-223.
- Mallasen, M. & Valenti, W. 1998. Comparasion of artificial and natural new and reused, brachish water for the larviculture of the freshwater praw *Macrobracium rosenbergii* in a recirculating system. *Journal of the of the World Aquaculture Society*. 29, n°3, 345-350.
- Margalef, R. 1998. *Ecologia*. Ed. Omega. 951 p.

- Mikami, S. P. & Greenwood. 1997. Influence of light regimes on phyllosomal growth and timing of moulting in *Thenus orientalis* (Lund) (Decapoda: Scyllaridae). *Marine and Freshwater Research*. 48: 777-782.
- Minagawa, M. & Murano, M. 1993. Larval feeding rhythms and food consumption by the red crab *Ranina ranina* (Decapoda, Raninidae) under laboratory conditions. *Aquaculture* 113: 251-260.
- Minagawa, M. 1994. Effects of photoperiod on survival, feeding and development of larvae of the red frog crab, *Ranina ranina*. *Aquaculture*. 120: 105-114.
- Moller, T. H. 1978. Feeding behaviour of larval and pós-larval of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) (Crustacea: Palaemonidae) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 35, p. 251-258,.
- Moraes-Riodades, P.M.C. & Valenti, W.C. 2001, Freshwater Prawn Farming in Brazilian Shows Potential for economic and Social Development. *Global Aquaculture Advocate*, Saint Louis, 4(5):73-74.
- Moreira, C. L. & Odinetz-Collart, O. 1993. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago de várzea da Amazônia Central, Ilha do Coreiro, Brasil. *Amazoniana*. XII(3/4). 385-398.
- New, M. B. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquaculture Research*. 36: 210-230.
- Sorgeloos, P., Coutteu, P., Dhert, P., Merchie, G. & Lavens, P. 1998. Use of brine shrimp *Artemia* spp., in larval crustacean nutrition: a review. *Reviews in Fisheries Science*. 6 (1&2): 55-68.

Tayamen, M. & Brown, J.H. 1999. A condition index for evaluating larval quality of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Aquaculture* 30, 917-22.

Valenti, W.C. & Daniels, W.H. 2000. Recirculation hatchery system and management. In: New, M.B. & Valenti, W.C (Eds.), *Freshwater Prawn Culture*. Blackwell, Oxford, pp. 69-90.

Valenti, W.C. & Moraes-Riodades, P. C. 2004 Freshwater Prawn Farming in Brasil. *Global Aquaculture Advocate* v. 7 Issue 4 p. 52-53.

Vetorelli M. P. 2004. Viabilidade técnica e econômica da larviciltura docamarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* em diferentes densidades de estocagem. *Dissertação de Mestrado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 89 p.

CAPÍTULO 4

SUBSTITUIÇÃO DO ALIMENTO VIVO POR DIETA INERTE DURANTE A LARVICULTURA DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

RESUMO

A substituição dos náuplios de *Artemia* (NA) por dieta inerte (creme de ovos) foi testada para larvas de *Macrobrachium amazonicum*. O manejo alimentar foi estruturado em 3 tratamentos (5 réplicas): 1- oferta de náuplios de *Artemia* (NA) durante todo o cultivo (NA-IX); 2- substituição de náuplios pela dieta inerte a partir do estágio VII (NA-VII) e substituição de NA a partir do estágio V (NA-V). A dieta inerte foi ofertada em todos os tratamentos a partir do estágio V. O cultivo foi desenvolvido em tanques de 120 L em sistema fechado dinâmico. Foram determinados o índice de condição larval (ICL), o índice de estágio larval (IEL), a sobrevivência, a produtividade e o peso seco das pós-larvas (PL). A dieta utilizada foi bem aceita pelas larvas, pois, foram observados a ingestão e o preenchimento do tubo digestório. Nos cultivos em que os náuplios foram mantidos, NA-IX, a taxa de sobrevivência foi de $86 \pm 6\%$ e a produtividade de $59,7 \pm 7,7$ PL/L. No tratamento NA-VII, a sobrevivência alcançada foi de $56,9 \pm 13,7\%$ e a produtividade de $39,4 \pm 8,4$ PL/L. Quando a substituição da *Artemia* foi precoce em NA-V, esses valores foram ainda mais baixos, atingindo $44,0 \pm 19,6\%$ de sobrevivência e $9,7 \pm 6,5$ PL/L de produtividade. A suspensão dos náuplios condicionou redução do peso seco das pós-larvas nos dois tratamentos, não havendo diferença estatística entre eles. A redução do IEL foi observada apenas no tratamento NA-V; ocorreu atraso no ciclo de muda e redução da metamorfose em PL. O ICL foi reduzido imediatamente após a suspensão dos náuplios, nos dois tratamentos. Foi observado que a *Artemia* é um alimento essencial nas fases testadas, sugerindo que as larvas têm limitada capacidade de digestão e assimilação dos nutrientes da dieta inerte. São necessários novos estudos para estabelecer o ponto em que elas estão mais flexíveis nutricionalmente, com acúmulo de reservas, que assegurem a substituição da dieta sem promover redução da produtividade e do peso.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões de água doce é uma das atividades econômicas que mais cresceu nos últimos anos. Foram produzidas 193.530 t do camarão da Malásia, *Macrobrachium rosenbergii*, no ano 2004 (FAO, 2006). Entretanto, o uso de espécies nativas em cultivos comerciais é uma opção que tem despertado interesse em vários países. Miao & Ge (2002) previam que a criação do *Macrobrachium nipponense* na China poderia, em pouco tempo, ultrapassar a criação de *M. rosenbergii*. Em 2003, essa meta foi alcançada nesse país (FAO, 2006). Outras espécies que merecem posição de destaque são: *Macrobrachium malcolmsonii* na Índia, *Macrobrachium carcinus* na América Central e *Macrobrachium amazonicum* na América do Sul (Kutty *et al.*, 2000). No Brasil, estão sendo intensificados os esforços para produção de um pacote tecnológico destinado ao cultivo comercial do camarão-da-amazônia, *M. amazonicum* (Valenti & Moraes-Riodades, 2004).

A larvicultura é a etapa do cultivo que exige maior tecnologia. Nessa fase, a alimentação é o ponto mais crítico para o sucesso da atividade. Os náuplios de *Artemia* têm sido amplamente utilizados como primeiro alimento na larvicultura de muitas espécies aquáticas. Segundo Lavens *et al.* (2000), o cultivo de larvas de *M. rosenbergii* pode ser concluído com sucesso com o uso exclusivo de náuplios de *Artemia* na alimentação, entretanto, é recomendado um suplemento alimentar, para suprir as necessidades nutricionais das larvas (Barros & Valenti, 2003). Além disso, a produção de cistos de *Artemia* apresenta oscilações em resposta a mudanças nas condições ambientais, que podem afetar a composição nutricional dos náuplios (Lavens *et al.*, 2000). Por outro lado, a demanda por cistos tem aumentado em resposta à crescente produção mundial de larvas de muitas espécies de peixes e crustáceos (Sorgeloos *et al.*, 1998). O mercado e as oscilações quantitativas e qualitativas na produção fazem com

que o fornecimento seja variável, e interferem nos preços dos cistos de *Artemia*. Atualmente esse insumo corresponde a, aproximadamente, 40% do custo de produção de pós-larvas de *M. amazonicum* (Vetorelli, 2004). Desse modo, há necessidade de estabelecer dietas alternativas que possam substituir a *Artemia* em pelo menos uma fase do cultivo. Isso é fundamental para assegurar um fornecimento regular de alimento, além de baixar os custos de produção na larvicultura.

A substituição da *Artemia* deverá ocorrer quando a maioria das larvas aceite o alimento inerte e estiver fisiologicamente preparada para realizar a digestão e assimilação. Barros & Valenti (2003) estabeleceram que a maioria das larvas de *M. rosenbergii* aceita o alimento inerte desde o estágio VII. Kovalenco *et al.* (2002) mostraram perspectivas do uso de dieta microaglutinada em substituição da *Artemia* para larvas dessa espécie.

Recentemente, foi observado que larvas de *M. amazonicum* aceitam a dieta inerte desde o estágio IV e apresentam preferência por esse alimento a partir do estágio VII (Araújo, 2005). No entanto, é necessário determinar a fase em que a substituição do alimento vivo pela dieta inerte pode ser realizada com viabilidade da conclusão do cultivo até a metamorfose em pós-larvas. O objetivo desse estudo foi testar a substituição total dos náuplios de *Artemia* pela dieta inerte na segunda metade do cultivo e verificar seu efeito na produção de pós-larvas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Delineamento experimental

Até o presente, o manejo alimentar das larvas de *M. amazonicum* consiste no fornecimento de náuplios recém eclodidos de *Artemia* até o estágio IV e, a partir do estágio V a *Artemia* é complementada com dieta inerte (Vetorelli, 2004). No entanto, Araújo (2005) demonstrou que mais de 50% das larvas ingerem dieta inerte a partir do estágio V e que há uma nítida preferência por dieta inerte a partir do estágio VII. Assim, nesse experimento testou-se a substituição total dos náuplios de *Artemia* a partir desses dois estágios. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 tratamentos e 5 réplicas. O primeiro foi o cultivo tradicional usado como controle, ou seja, oferta de náuplios de *Artemia* (NA) durante todo o cultivo e dieta inerte a partir do estágio V (NA-IX); o segundo consistiu na substituição de NA pela dieta inerte a partir do estágio VII (NA VII) e o terceiro na substituição de NA a partir do estágio V (NA-V). Durante o cultivo foram analisados o índice de condição larval (ICL) e o índice de estágio larval (IEL). Ao final do cultivo foram determinados a sobrevivência, a produtividade e o peso seco das pós-larvas. Para análise estatística dos resultados foram realizados testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Brown-Forsythe). Como não foi observado desvio significativo da normalidade e homocedasticidade aplicou-se ANOVA pelo teste *F*, seguida do teste Tukey, para comparação entre as médias. Os dados de sobrevivência foram transformados pelo arco-seno \sqrt{x} , mas, foram apresentados em percentual para facilitar o entendimento. Considerou-se à diferença significativa quando $p < 0,05$. Os dados foram analisados com o auxílio do aplicativo SAS (versão 8.0).

2.2. Origem dos animais e condições experimentais

O experimento com manejo alimentar de larvas de *M. amazonicum* foi desenvolvido no Centro de Aqüicultura da UNESP, no Setor de Carcinicultura. As larvas utilizadas foram obtidas de fêmeas ovígeras dos viveiros de cultivo do Setor. Esses animais foram procedentes de larviculturas desenvolvidas a partir de reprodutores trazidos do nordeste do Pará (1°13'25"S, 48°17'40"W) em 2001. As fêmeas ovígeras foram previamente desinfetadas em solução de formol a 25 ppm por trinta minutos e, em seguida foram transferidas para tanques de eclosão com água salobra (5‰), providos de aeração. Após a eclosão, as larvas foram coletadas, contadas, aclimadas e estocadas nos tanques de cultivo. Estes eram de cor preta, cilíndricos, de fundo cônico, com volume útil de 120 litros, acoplados a filtros biológicos, em sistema fechado dinâmico (Valenti & Daniels, 2000). A densidade de povoamento foi 80 larvas/litro e a salinidade da água foi mantida em $10 \pm 0,5$ ‰. Durante o cultivo, foram monitorados e controlados os principais parâmetros físicos e químicos da água: a temperatura variou entre 28,7 a 30,5° C, pH entre 7,9 a 8,2 e o oxigênio dissolvido entre 7 e 8 mg/L. A amônia e o nitrito foram mantidos próximos a zero, (menor que 0,02 mg/L). Esses parâmetros ficaram dentro das faixas recomendadas por Valenti & Daniels (2000) para larvicultura de *M. rosenbergii*. O fotoperíodo foi 12/12h (claro/escuro).

As larvas foram alimentadas com náuplios de *Artemia* recém eclodidos, a partir do segundo dia de cultivo. A dieta inerte (creme de ovos) foi adicionada a partir do estágio V, em todos os tratamentos. A *Artemia* foi ofertada em uma única refeição no início da tarde e a dieta inerte em duas refeições, às 8:00 e às 12:00 h. A densidade de oferta dos náuplios foi aumentada de acordo com a observação do consumo. Nos tratamentos em que foi suspensa a oferta de *Artemia*, a dieta inerte foi fracionada em cinco refeições (8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 20:00 h) e a quantidade foi aumentada de acordo com o consumo. A composição da dieta inerte está expressa na Tabela 1.

2.3. Índice de estágio larval (IEL), índice de condição larval (ICL)

A cada dois dias foram verificados o índice de estágio larval (IEL) (Manzi *et al.*, 1977) e índice de condição larval (ICL) (adaptado de Tayamen & Brown, 1999). Para o cálculo do IEL não foram consideradas as pós-larvas. Os nove estágios larvais foram identificados segundo as descrições de Guest (1979). O índice de estágio larval (IEL) foi determinado de acordo com o método da média ponderada de Manzi *et al.* (1977) pela seguinte fórmula:

$$IEL = (\sum n_i E_i) / n$$

Sendo:

n_i = nº de larvas no estágio E_i ;

n = nº de larvas analisadas;

E = estágio de desenvolvimento larval;

IEL = varia de 1 a 9.

O índice de condição larval (ICL) foi verificado seguindo a planilha desenvolvida por Tayamen & Brown (1999) para *M. rosenbergii*, adaptada para *M. amazonicum*. Os itens analisados foram: condições do intestino, condições do hepatopâncreas, estado dos cromatóforos, coloração do corpo, estado do rostro e cerdas, proporção da musculatura em relação ao intestino, aparência do músculo do abdômen, melanização e presença de organismos infestantes. Cada item checado recebia um valor de 0 a 2, sendo: 0 = pobre; 1 = satisfatório; 2 = excelente. O índice de condição larval (ICL) foi determinado de acordo com a fórmula abaixo:

$$ICL = (\sum P) / n$$

Sendo:

P = total de pontos atribuído a cada larva analisada;

n = nº de larvas analisadas;

ICL varia de 0 a 2.

2.4. Sobrevivência, produtividade e peso seco das pós-larvas

No final do cultivo, foram determinadas a sobrevivência, a produtividade e o peso seco das pós-larvas. Para obter o peso seco, cinco amostras de 10 PL foram retiradas de cada tanque e acondicionados em cartuchos de papel alumínio, previamente pesados. Em seguida, estes foram colocados em placas de Petri e mantidos em estufa, com temperatura 75°C, por 48 h. Então, os cartuchos foram transferidos para um dessecador e, após duas horas, foram pesados em balança com acurácia de 1 µg.

Tabela 1 – Formulação da dieta inerte

Ingredientes	Percentual (%)
Ovos	33,66
Lula	9,90
Filé de peixe	9,90
Leite em pó	3,96
Farinha de trigo	1,98
Solução Scoth®	0,79
Premix vitamínico	0,69
Premix mineral	0,69
Água	37,42
Vitamina C	0,99
Análise Bromatológica	Percentual de matéria seca (%)
Proteína bruta	50,60
Extrato etéreo	21,30
Extrato não nitrogenado	19,80*
Matéria mineral	8,30
Matéria seca	18,00

* O extrativo não nitrogenado é obtido pela diferença entre a matéria seca total e os demais componentes da análise bromatológica.

A análise foi realizada no Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes – UNESP, segundo as normas da AOAC, 1995.

3. RESULTADOS

As larvas apresentaram aumento gradativo do consumo de náuplios de *Artemia* durante o cultivo, até o estágio VII. A oferta da dieta inerte também foi aumentada de acordo com o consumo, atingindo 4 g por refeição nos tanques que receberam náuplios de *Artemia* (NA) em todo cultivo. Naqueles em que a oferta dos náuplios foi suspensa o fornecimento da dieta inerte atingiu 8 g por refeição, totalizando 40 g/ tanque/dia. Entretanto, nos últimos dias, ocorreram mais sobras. A tábua de alimentação utilizada encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Oferta de náuplios de *Artemia* (NA) e dieta inerte para cada tratamento, ao longo do cultivo. A dieta inerte foi ofertada duas vezes ao dia no grupo que não houve substituição dos náuplios (NA-IX), e cinco refeições para os tratamentos em que houve a substituição dos náuplios a partir dos estágios V (NA-V) e VII (NA-VII).

Dias de cultivo	Estágios dominantes	Náuplios de <i>Artemia</i> (NA/mL)			Dieta inerte (g/dia)		
		NA -IX	NA -VII	NA -V	NA -IX	NA -VII	NA -V
2	I-II	4	4	4	-	-	-
3	II-III	6	6	6	-	-	-
4	III	6	6	6	-	-	-
5	III-IV	8	8	8	-	-	-
6-7	IV-V	8	8	8	4	4	10
8	V-VI	10	10	-	5	5	15
9-10	VI-VII	12	12	-	6	6	20
11-12	VII-VIII	12	-	-	6	20	25
13-14	VII-VIII	12	-	-	8	30	30
15-16	VII-VIII-IX	12	-	-	8	40	40
17-18	VIII-IX	12	-	-	9	35	35

As primeiras pós-larvas surgiram no 12º dia de cultivo, com exceção do tratamento em que a *Artemia* foi suspensa a partir do estágio V, no qual foram observadas pós-larvas após o 15º dia. A larvicultura foi concluída no 19º dia. A substituição da *Artemia* pela dieta inerte condicionou redução significativa da sobrevivência e produtividade (Tabela 3). Essa redução foi significativamente maior nos cultivos em que a *Artemia* foi substituída a partir do estágio V em relação ao tratamento em que a substituição ocorreu a partir do estágio VII. Ocorreu redução de peso das pós-larvas nos tratamentos em que foi suspensa a oferta dos náuplios; este não apresentou diferença significativa entre aqueles em que a substituição foi nos estágios V ou VII (Tabela 3).

Tabela 3 – Sobrevivência, produtividade e peso seco (média \pm DP) de pós-larvas cultivadas em diferentes manejos alimentares: NA -IX - sem substituição da náuplios de *Artemia* (NA); NA-VII - substituição a partir do estágio VII até PL e NA-V - substituição a partir do estágio V até PL. Letras diferentes na mesma linha indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$ (Teste Tukey).

	NA-IX	NA-VII	NA-V
Sobrevivência (%)	86,1 \pm 6,3 ^a	56,9 \pm 13,7 ^b	44,0 \pm 19,6 ^b
Produtividade (PL/L)	59,7 \pm 7,7 ^a	39,4 \pm 8,4 ^b	9,7 \pm 6,5 ^c
Pós-larvas (%)	83,3 \pm 11,1 ^a	85,0 \pm 16,3 ^a	32,4 \pm 26,7 ^b
Larvas (%)	16,7 \pm 11,1 ^a	15,0 \pm 16,3 ^a	67,6 \pm 26,7 ^b
Peso seco (μ g)	918 \pm 11 ^a	668 \pm 12 ^b	698 \pm 13 ^b

O índice de estágio larval (IEL) foi reduzido apenas no tratamento NA-V (Figura 1), com diferença significativa a partir do 12º dia de cultivo. A redução no índice de condição larval (ICL) foi observada imediatamente após a substituição da *Artemia*, nos dois tratamentos em que esse procedimento foi estabelecido (Figura 2). A redução de reservas do hepatopâncreas e da pigmentação das larvas foram os principais parâmetros que condicionaram a redução do ICL. No entanto, o tubo digestório apresentou-se cheio na grande maioria das larvas analisadas. Houve redução na coloração desses animais e menor transparência da musculatura do abdômen. Foi observada nos últimos dias de cultivo, atrofia da musculatura do abdômen, verificada pelo alargamento do intestino, apenas nas larvas submetidas ao tratamento NA-V.

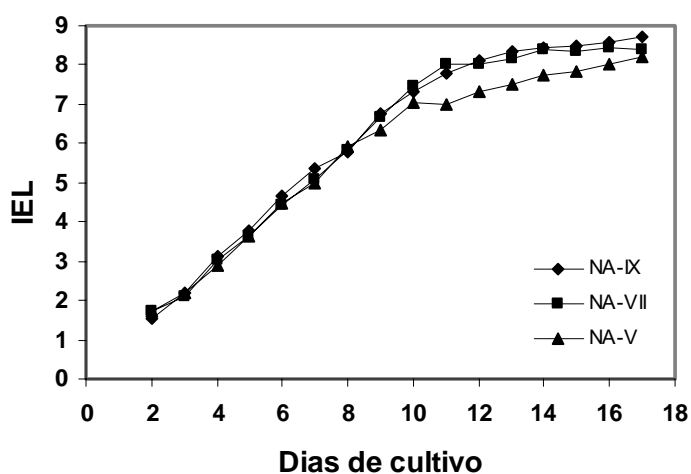


Figura 1 - Índice de estágio larval de larvas de *M. amazonicum*, submetidas aos seguintes manejos alimentares: NA-IX - sem substituição da *Artemia*; NA-VII - substituição dos náuplios a partir do estágio VII; NA-V - substituição a partir do estágio V.

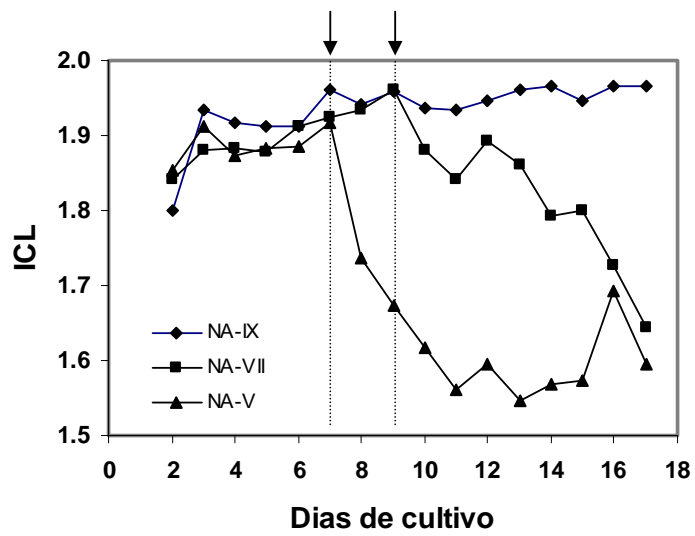


Figura 2 - Índice de condição larval de larvas de *M. amazonicum* submetidas aos seguintes manejos alimentares: NA-IX - sem substituição da *Artemia*; NA-VII - substituição de NA a partir do estágio VII; NA-V - substituição a partir do estágio V. As setas correspondem aos dias em que foi suspensa a oferta dos náuplios, de acordo com os tratamentos descritos.

4. DISCUSSÃO

A sobrevivência das larvas em sistemas de cultivo é proporcional à qualidade da água e do alimento (Anger, 2001). Nesse experimento a água apresentou características dentro dos padrões considerados adequados para aquicultura de acordo com Timmons *et al.* (2002) em todos os tratamentos, mesmo naqueles em que foi ofertada uma maior quantidade de dieta inerte. Dessa forma, a redução da sobrevivência, da produtividade, do peso e dos índices de condição (ICL) e de estágios larvais (IEL) observados foram atribuídos ao manejo alimentar adotado.

A dieta utilizada no presente estudo foi aglutinada e fracionada em pequenas partículas (< 1mm); tem a consistência de um pudim (Valenti, 1998). A análise da dieta demonstrou que a mesma apresenta as proporções de proteínas, lipídeos e carboidratos similares àquelas descritas por Jones *et al.* (1997a) para os náuplios de *Artemia*. A dieta inerte foi bem aceita pelas larvas, desde o estágio V, o que foi demonstrado pela apreensão do alimento, preenchimento do tubo digestório e pelo aumento aparente do consumo ao longo do cultivo. Larvas de decápodes diminuem a seletividade do alimento em resposta à fome, e tornam-se geralmente onívoras (Anger, 2001).

As larvas de *M. amazonicum* apresentam pereópodos desenvolvidos, a partir do estágio VI (Guest, 1979), ampliando a capacidade de natação e captura do alimento. No entanto, o tubo digestório das larvas esteve sempre cheio desde o estágio V, mostrando que não houve limitação para captura e ingestão da dieta inerte. Isto indica ainda que a dieta apresentou atratividade e palatabilidade adequadas. Contudo, é possível que as larvas de *M. amazonicum* ainda não estivessem preparadas anatômico e fisiologicamente para a substituição da *Artemia* pela dieta inerte, nas fases testadas. Desse modo, a assimilação dos nutrientes da dieta pode ter sido baixa, embora a ingestão tenha sido elevada. Além disso, nos últimos dias de cultivo, a sobra de ração

aumentou devido à redução do número de indivíduos nos tanques em que o fornecimento de *Artemia* foi suspenso. No entanto, não foram observadas larvas mortas no fundo dos tanques, o que sugere que elas foram canibalizadas. Kovalenco *et al.* (2002) testaram em larvas de *M. rosenbergii* uma dieta microaglutinada, e observaram que as larvas consumiam a dieta e apresentavam o trato digestório preenchido quando o fornecimento de náuplios de *Artemia* foi completamente descontinuado, a partir do nono dia de cultivo (estágio V). Aqueles autores obtiveram uma sobrevivência similar entre as larvas alimentadas com *Artemia* ou com dieta microaglutinada, porém foi observada a redução no IEL nas larvas alimentadas com a dieta inerte. Ohs & D'Abramo (1998) testaram dieta processada em "spray-dryer" na alimentação de larvas de *M. rosenbergii* em substituição da *Artemia*. Essa dieta foi formulada baseada na composição do zooplâncton e de náuplios de *Artemia*. Foram consideradas as exigências nutricionais conhecidas para juvenis da espécie, no entanto, os autores também obtiveram baixas sobrevivências.

Apesar da dieta utilizada, no presente estudo, apresentar consistência e palatabilidade adequadas, outros fatores podem estar associados à redução do peso, da sobrevivência e da produtividade, tais como: 1- a baixa produção de enzimas digestivas pelas larvas, 2- baixa digestibilidade da dieta, 3- exigências nutricionais não atendidas pela dieta e 4- frequência de fornecimento inadequada.

Kamarudin *et al.* (1994) relataram que as larvas de *M. rosenbergii* apresentam baixa produção enzimática e precária capacidade de digestão nos primeiros estágios. Esses autores observaram que o aumento da produção de enzimas ocorre durante os estágios IV a VII. Além disso, o tipo de enzima produzida e a quantidade são indícios do hábito alimentar da espécie (Jones *et al.*, 1997b). Não existem estudos enzimáticos para larvas de *M. amazonicum*, no entanto é possível que elas ainda não tenham um aparato enzimático bem desenvolvido nos estágios V a VII. Nesse caso, a digestibilidade e a

assimilação dos nutrientes da dieta inerte poderiam ficar comprometidas. Os indícios que baseiam essa hipótese são a redução do índice de condição larval e do peso das pós-larvas alimentadas apenas com dieta inerte, embora o tubo digestório estivesse geralmente cheio.

Garcia-Ortega *et al.* (2001) observaram em larvas de peixes que a assimilação das proteínas e sua funcionalidade são afetadas pela interação com ácidos graxos presentes no alimento vivo. Segundo esses autores, essa interação estrutural existente em sistemas biológicos não está presente em dietas artificiais. Além disso, eles verificaram que as proteínas dos náuplios de *Artemia* são compostas por pequenos peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres, enquanto que, na dieta artificial, a maioria das proteínas apresenta alto peso molecular. Desse modo, os náuplios de *Artemia* são mais atrativos e digeríveis para as larvas do que a dieta artificial. É possível que as larvas de *M. amazonicum* tenham apresentado baixa assimilação das proteínas provenientes do alimento inerte, comprometendo o crescimento. O peso reduzido das pós-larvas nos tratamentos NA-V e NA-VII é uma evidência dessa hipótese.

O peso das pós-larvas não diferiu quando a *Artemia* foi substituída nos estágios V ou VII. Porém, observou-se que o índice de condição larval (ICL) reduziu imediatamente após a substituição da dieta inerte nos dois tratamentos, enquanto que o IEL não reduziu em NA –VII e reduziu em NA – V após dois dias, sugerindo que as larvas tem capacidade de acúmulo de reserva. Todavia, foi observada retração da musculatura do abdômen nas larvas alimentadas apenas com dieta inerte a partir do estágio V. Isso sugere que a deficiência na assimilação do alimento inerte foi mais crítica nessa fase do desenvolvimento.

Blair *et al.* (2003), realizaram estudos com larvas de peixe *Melanogrammus aeglefinus* (“Haddock”) e demonstraram que a assimilação dos nutrientes pelas larvas está relacionada à fonte do alimento. Segundo os autores, ainda não foi encontrada uma

microdieta que substitua satisfatoriamente o alimento vivo. Eles observaram que as larvas daquela espécie incorporaram mais lipídeos da mesma classe quando a fonte foi a *Artemia* em relação a microdieta, isso ficou evidente para HUFA 20:4 n-6. É possível que o comprometimento da assimilação dos ácidos graxos tenha ocorrido com as larvas de *M. amazonicum*, alimentadas apenas com dieta inerte. A principal evidência para essa hipótese foi a observação freqüente de hepatopâncreas pobre em lipídeos nas larvas submetidas a esse tratamento.

No presente estudo, foi observada redução da coloração do corpo das larvas alimentadas apenas com dieta inerte. Essa característica pode estar relacionada à carência da fonte exógena de carotenóides, devido à descontinuidade da oferta dos náuplios de *Artemia*. Segundo Ghidalia (1985), crustáceos não sintetizam carotenóides e necessitam de fontes exógenas. Ele relata que *Artemia* apresenta carotenóides, principalmente a trans-cantaxantina. Os carotenóides participam como co-fatores ou integrantes alostéricos de moléculas envolvidas em reações enzimáticas (Liñan-Cabello *et al.*, 2002), além do conhecido efeito na proteção da adaptação à luz, à cor do meio e à temperatura (Bauer, 2004).

A nutrição das larvas pode ter sido comprometida pela baixa assimilação da dieta inerte ou pela mesma não atender as exigências nutricionais das larvas. Além disso, a freqüência de oferta é outro fator que pode ter sido limitante para o desenvolvimento das larvas. As ofertas ocorreram a cada três horas, totalizando cinco refeições diárias, no período diurno. A disponibilidade da dieta inerte na coluna d'água ocorreu logo após a oferta, em seguida, ela decantou para o fundo do tanque de cultivo. Caso as larvas dessa espécie não realizem esforços para capturar o alimento, as refeições seriam pontuais, logo, teriam ocorrido períodos de inanição. A ausência da oferta da dieta inerte no período noturno também pode ter agravado a inanição e o canibalismo, contribuindo para redução da sobrevivência. Nesse caso, seria outro fator atrelado ao

comprometimento do peso. Porém, no capítulo 3 dessa tese, foi observado que as larvas de *M. amazonicum* se alimentam mais no período diurno e que a redução da ingestão de alimento no período noturno não reduziu a produtividade das pós-larvas. Gimenez & Anger (2005) observaram em larvas de três espécies de caranguejos que a limitação da oferta de alimento por algumas horas não afetou a sobrevivência. Estudos devem ser realizados para determinar se o período de 12 horas sem dieta inerte à noite pode ser responsável pela maior mortalidade e alongamento do período larval.

Barros & Valenti (1997) observaram que algumas larvas de *M. rosenbergii* pareciam se deslocar ao encontro das partículas alimentares. Comportamento similar foi observado em larvas de *M. amazonicum*, consumindo a ração que decantou no fundo dos tanques. Além disso, foi verificado recentemente, em larvas de *M. rosenbergii* a presença de estruturas sensitivas que poderiam capacitá-las para a detecção do alimento (Cavalari, 2006). O movimento das partículas na água pode ser percebido pelas larvas, assim como a detecção de substâncias liberadas pelo alimento (Anger, 2001). No entanto, o movimento da ração na água foi limitado aos primeiros instantes após a oferta, dados pelo afundamento lento e uma breve suspensão causada pela aeração.

Devido às implicações nutricionais, fisiológicas e comportamentais das larvas, a identificação do momento certo da substituição dos náuplios de *Artemia* pela dieta inerte é o primeiro desafio a ser vencido. Abrunhosa & Kittaka (1997) observaram que larvas de lagosta acumulam energia no estágio filisoma e não se alimentam no estágio puerulos, que antecede a metamorfose final, apresentando lecitotrofia secundária. Embora, *M. amazonicum* não apresente lecitotrofia secundária, observou-se durante o cultivo o maior consumo de *Artemia* nos estágios VI e VII e uma excelente aceitação da dieta inerte a partir dessa fase. É provável que esses estágios sejam marcados pelo início da acumulação energética necessária para a metamorfose em pós-larvas. Araújo

(2005) observou que larvas de *M. amazonicum*, mantidas em inanição a partir do estágio VIII, podem metamorfosear-se em pós-larvas. Anger (1987) observou em *Hyas araneus*, que após o início da alimentação, as larvas são capazes de realizar um acúmulo de reserva suficiente para a metamorfose, se ocorrer a suspensão do alimento. Ele denominou essa condição de ponto de saturação de reserva (PRS) e caracterizou como uma lecitotrofia facultativa. É possível, que as larvas de *M. amazonicum* alimentadas apenas com dieta inerte a partir do estágio VII não tenham atingido o PRS, e sua vulnerabilidade nutricional tenha condicionado a redução da produtividade. Além disso, o PRS é atingido de forma abrupta e não gradual tornando as larvas nutricionalmente mais flexíveis (menos vulneráveis) (Anger, 2001). Após atingirem o PRS, possivelmente as larvas de *M. amazonicum* poderão realizar a metamorfose em pós-larvas, alimentadas somente com dieta inerte. Como o estágio VII ainda é uma fase de elevado consumo de *Artemia* (capítulos 2 e 3), melhores resultados podem ser obtidos se a substituição da *Artemia* pelo alimento inerte ocorrer a partir do estágio VIII. Pesquisas devem ser realizadas para confirmar essa hipótese.

Os últimos estágios de *M. amazonicum* (VIII e IX) são mais demorados (Guest, 1979); apresentam alto consumo de dieta inerte e uma redução no consumo da *Artemia*, em relação aos estágios anteriores (Araújo, 2005). Na fase de pré-metamorfose as larvas de crustáceos decápodes estão se adaptando para modificarem o comportamento de planctônico para bentônico, mudando o hábito alimentar (Anger, 2001). As larvas estão incrementando o tubo digestório, a produção enzimática e provavelmente a produção da amilase ocorre tardiamente. Além disso, uma fase de alimentação conjunta ou mista com náuplios de *Artemia* e dieta inerte, pode ser importante para promover a melhora na assimilação da dieta inerte. Muitas substâncias constituintes naturais do plâncton apresentam ação estimulante da ingestão (Dabrowski & Ruscicki, 1983), entre elas as mais conhecidas são: aminoácidos livres, betaina e inosina-5-monophosphato

(Mearns, 1986; Kolkovski *et al.*, 1997a;1997b). Lazo *et al.* (2000) observaram em larvas de peixe da espécie *Sciaenops ocellatus* que às substâncias presentes no plâncton, tem um efeito indireto relacionado à produção e liberação das enzimas digestivas. Em larvas de peixes marinhos a alimentação mista diminui a mortalidade na fase de transição do alimento vivo para a dieta inerte (Curnow *et al.*, 2006). Fiore & Tlusty (2005) observaram em larvas de *Homarus americanus* que a alimentação de dieta inerte acompanhada de náuplios de *Artemia* diminuiu o tempo de metamorfose e apresentou resultado similar ao tratamento com oferta de *Artemia* como único alimento. No entanto, a dieta inerte sem a presença do alimento vivo, aumentou o canibalismo e reduziu a sobrevivência e o peso, mostrando a importância da alimentação conjunta nesse processo.

No presente estudo, os cultivos em que a *Artemia* foi substituída no estágio V, apresentaram uma economia de custos de *Artemia* de 77% e alcançaram uma produtividade média de 9 PL/L. Entretanto, naquelas em que a substituição ocorreu no estágio VII, a economia foi de 60%, enquanto a produtividade foi de 39 PL/L. Esses resultados demonstram que o alimento vivo é essencial nas fases testadas e que o comprometimento da produtividade foi maior quando a substituição foi realizada precocemente. No tratamento NA-VII, o aumento da produtividade em relação ao NA-V, pode ter sido causado não somente por uma maior adaptação das larvas, mas pelo período em que foi fornecido o alimento inerte acompanhado dos náuplios de *Artemia*, nos estágios anteriores (V e VI). A alimentação mista pode ter aumentado a assimilação da dieta inerte. Se isto for confirmado, o uso da dieta inerte associada ao fornecimento de náuplios de *Artemia* em baixa densidade (4 a 6 NA/mL) pode reduzir o custo de produção. Esse manejo, além de estimular o consumo do alimento poderia melhorar nutricionalmente as larvas. Por outro lado, o aumento da frequência de oferta da dieta inerte pode aumentar a chance de encontro das larvas com as partículas alimentares e minimizar períodos de inanição. No capítulo 5 em que foi testado o impacto das cores

dos tanques de cultivo para *M. amazonicum*, foi observado que as maiores taxas de ingestão de *Artemia* observadas nos cultivos desenvolvidos em tanques verdes e vermelhos, não foram os que condicionaram as maiores produtividades. Além disso, no capítulo 3, em que foi testada a frequência de oferta de náuplios de *Artemia*, foi observado que o alimento vivo fracionado em duas refeições (menor densidade/oferta) não provocou redução da produtividade. Callan *et al.* (2003) observaram em larvas de bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*) que a oferta de 25%, 50% ou 100% da *Artemia* acompanhada da dieta inerte promoveram sobrevivências similares. Além da economia, os autores relataram o efeito positivo da alimentação conjunta para o sucesso da transição para a dita inerte.

Em conclusão, a dieta aglutinada com consistência de pudim foi aceita pelas larvas, apresentando textura, consistência e tamanho adequados. Além disso, as larvas apresentaram comportamento alimentar adaptativo, aumentando o consumo da dieta inerte após a retirada da *Artemia*. Entretanto, a produtividade diminuiu drasticamente com a substituição total dos náuplios de *Artemia* até o estágio VII. Possivelmente, a produtividade aumenta se a substituição da *Artemia* ocorrer quando as larvas estiverem nutricionalmente mais flexíveis, e apresentarem acúmulo de energia. Essa fase, deve ocorrer, após o pico de consumo de náuplios observados nos estágios VI e VII (Capítulos 2 e 3). Portanto, faz-se necessário estudos, para determinar o ponto de saturação de reserva e otimizar o manejo alimentar das larvas de *M. amazonicum*. Além disso, pesquisas direcionadas a melhoria da dieta inerte são importantes para aumentar a sua digestibilidade e assimilação dos nutrientes.

5. REFERÊNCIAS

Abrunhosa, F. A. & Kittaka, J. 1997. Functional morphology of mouthparts and foregut of the last zoea, glaucothoe and first juvenile of the king crabs *Paralithodes camtschaticus*, *P. brevipes* and *P. platypus*. *Fisheries Sci.* 63: 923-930.

Anger, K. 1987. Energetics of spider crab *Hyas araneus* megalopa in relation to temperature and the molt cycle. *Marine Ecology Progress Series.* 36: 115-122.

Anger, K. 2001. *The biology of Decapod Crustacean Larvae*. Krip, Meppel. The Netherlands, 405p.

Araújo, M. C. 2005. Efeito da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. *Tese de Doutorado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 87 p.

Barros, H. P. & Valenti, W. 1997. Comportamento alimentar de camarão de água doce, *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879), durante a fase larval. Análise qualitativa. *Revista Brasileira de Zoologia.* 14(4): 785-793.

Barros, H. P.; Valenti, W.C. 2003. Food intake *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. *Aquaculture* 216. pp. 165-176.

Bauer, R. T. 2004. *Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the Carideans*. University of Oklahoma Press, Norman. USA. 282p.

Blair, T., Castell, J., Neil, S., D'Abramo, L., Cahu, C., Harmon, P., Ogunmoye, K. 2003. Evaluation of microdiets versus live feeds on growth, survival and fatty acid composition of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture.* 225: 451-461.

- Callan, C., Jordaan, A. & Kling, L.J. 2003. Reducing *Artemia* use in the culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 219: 585–595.
- Cavalari, V. M. H. 2006. Desenvolvimento ontogenético de estruturas sensoriais em *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN 1879) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE). *Tese de Doutorado em Aquicultura*; Universidade Estadual Paulista. 105p.
- Curnow J., King, J., Bosmans, J. & Kolkovski S. 2006. The effect of reduced *Artemia* and rotifer use facilitated by a new microdiet in the rearing of barramundi *Lates calcarifer* (BLOCH) larvae. *Aquaculture*: 257: 204–213
- Dabrowski, K. & Rusiecki, M. 1983. Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae. *Aquaculture*. 30:31-42.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. Yearbook of fishery statistics: summary tables. FAO, Roma (obtido via internet, <http://www.fao.org>).
- Fiore, D. R.; Tlustý M. F. 2005. Use of commercial *Artemia* replacement diets in culturing larval American lobsters (*Homarus americanus*). *Aquaculture*. 243: 291– 303.
- García-Ortega, A. & Huisman, E. A. 2001. Evaluation of protein quality in microbound starter diets made with decapsulated cysts of *Artemia* and fishmeal for fish larvae. *Journal of the World Aquaculture Society*. 32 (3): 317-329.
- Ghidalia, W. 1985. Structural and Biological aspects of pigments. In: Bliss D. E. & Mantel, L.H. *The Biology of Crustacea Academic*. Press, New York, EUA. V 9. pp 301-462 .
- Gimenez, L. & Anger, K. 2005. Effects of temporary food limitation on survival and development of brachyura crab larvae. *Journal of Plankton Research*. 27: 485-494.

- Guest, W. C. 1979. Laboratory life history of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 37 (2): 141-151.
- Jones, D. A.; Yule, A. B.; Holland, D. L. 1997a. Larval nutrition. In: D'Abramo, L. R.; Conklin, D. E.; Akiama, D. M. Crustacean Nutrition. Advances in *World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA*. p. 353-387.
- Jones, D. A, Kumlu, M., Vay, L. Le. & Fletcher 1997b. The digestive physiology of herbivorous, omnivorous and carnivorous crustacean larvae: a review. *Aquaculture*. 155: 285-295.
- Kamarudin, M. S., Jones, D.A., Vay, L. & Abidin, A. Z. 1994. Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 123: 323-333.
- Kolkovski, S. Arieli, A. & Tandler, A. 1997a. Visual and chemical cues stimulate microdiet ingestion in seabream larvae. *Aquaculture International*. 5:527-536.
- Kolkovski , S., Koven, W. & Tandler A. 1997b. The mode of action of *Artemia* in enhancing utilization of microdiet by gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. *Aquaculture*. 155: 193-205
- Kovalenko, E. E., D'Abramo, L., Ohs, C. L. & Buddington, R. K. 2002. A successful microbound diet for the larval culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 210: 385-395.
- Kutty, M. N.; Herman, F.; Menn, H. L. 2000. Culture of others species. In: New, M. B.; Valenti, W. C. (Eds.) *Freshwater prawn farming: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford. Blackwell Science. p. 393-410.

- Lavens, P., Thongrod, S. & Sorgeloos, P. 2000. Larval prawn feeds and dietary importance of *Artemia*. In: New, M. B., Valenti, W. C (Eds), *Freshwater Prawn Culture, the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blakwell, Oxford, pp. 91-111.
- Lazo, J. P., Dinis, M.T.G., Holt, J., Faulk C. & Arnold, C. R. 2000. Co-feeding microparticulate diets with algae: toward eliminating the need of zooplankton at first feeding in larval red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*. 188: 339-351.
- Liñan-Cabello, M. A., Paniagua-Michel, J. & Hopkins, P. M. 2002. Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustaceans. *Aquaculture Nutrition*. 8: 299-309.
- Manzi, J. J., Madox, M. B. & Sandifer, P. A. 1977. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) larviculture. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 8: 207-223.
- Mearns, K., J. 1986. Sensitivity of brook trout (*Salmo trutta* L) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L) fry to amino acids at the start of exogenous feeding. *Aquaculture*. 55:191-200.
- Miao, W.; Ge, X., 2002. Freshwater prawn culture in China: an overview. *Aquaculture Asia*. 7(1):9-12.
- Ohs, C. L. & D'Abramo, L. R. 1998. Evaluation of spray-dried artificial diet for larval culture of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, and striped bass, *Morone saxatilis*. *Aquaculture Nutrition*. 4: 73-82.
- Sorgeloos, P., Coutteu, P., Dhert, P., Merchie, G. & Lavens, P. 1998. Use of brine shrimp *Artemia* spp., in larval crustacean nutrition: a review. *Reviews in Fisheries Science*. 6 (1&2): 55-68.

Tayamen, M. & Brown, J.H. 1999. A condition index for evaluating larval quality of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Aquaculture* 30, 917-22.

Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S. T & Vinci, B. J. 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*. Cayuga Aqua Ventures. 2 ed. 769p.

Valenti, W.C. 1998. Carcinicultura de Água Doce. Tecnologia para a produção de camarões. IBAMA. 383 p. 1998.

Valenti, W.C. & Daniels, W.H. 2000. Recirculation hatchery system and management. In: New, M.B. & Valenti, W.C, (Eds.), *Freshwater Prawn Culture*. Blackwell, Oxford, pp. 69-90.

Valenti, W.C. & Moraes-Riudades, P.M.C. 2004 Freshwater Prawn Farming in Brasil. *Global Aquaculture Advocate* v. 7 Issue 4 p. 52-53.

Vetorelli M. P. 2004. Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* em diferentes densidades de estocagem *Dissertação de Mestrado em Aqüicultura*; Universidade Estadual Paulista. 89 p.

CAPÍTULO 5

EFEITO DA COLORAÇÃO DOS TANQUES DE CULTIVO SOBRE A INGESTÃO DOS NÁUPLIOS DE *Artemia* POR LARVAS DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA, *Macrobrachium amazonicum*

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar o efeito da coloração dos tanques sobre a ingestão de náuplios de *Artemia* (NA), produtividade (pós-larvas/L), sobrevivência e crescimento de larvas de *Macrobrachium amazonicum*. A larvicultura foi desenvolvida em tanques de 20 L, acoplados a filtros biológicos, em sistema fechado dinâmico. Foram testadas as cores: branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta (6 tratamentos). A densidade de povoamento foi 100 larvas/L. As larvas foram alimentadas com náuplios de *Artemia* (NA) e dieta inerte. A cor dos tanques mostrou importante impacto sobre o consumo dos náuplios, produtividade, sobrevivência e peso das pós-larvas. Nos primeiros dias, a cor não influenciou na ingestão; entretanto, a partir dos estágios V a VII, houve aumento do consumo em todos os tratamentos, e a cor vermelha proporcionou maior taxa de ingestão em relação às demais. Nos estágios seguintes, o verde condicionou maior ingestão de NA. O consumo de NA foi o principal responsável pelo maior peso observado nas pós-larvas provenientes dos tanques vermelhos e verdes. Porém, a maior produtividade foi 80 PL/L, observada nos tanques pretos, que corresponde a 16 a 30% maior que as demais cores. As cores verde e azul proporcionaram produtividades de 66 e 61 PL/L, respectivamente. As cores branca, amarela e vermelha resultaram em menores taxas de produtividades e não diferiram entre si (52, 56 e 49 PL/L, respectivamente). Houve correlação negativa entre a quantidade de luz que penetra no fundo dos tanques (fótons $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^2$) e a sobrevivência das larvas ($r = 0,58$; $p < 0,003$). A cor dos tanques influenciou a ingestão do alimento, porém, o estresse e o gasto energético relacionados a adaptação à cor dos tanques são fatores importantes que podem interferir na produtividade. Desse modo, os resultados indicam que a utilização de tanques pretos para larvicultura de *M. amazonicum* é a mais adequada considerando que a produtividade obtida foi maior que a dos demais tratamentos.

1. INTRODUÇÃO

Macrobrachium amazonicum é uma espécie de camarão de água doce vastamente distribuída na América do Sul, ocorrendo desde a Venezuela até a Argentina (Bialetzki *et al.*, 1997; Pettovelo, 1996; Melo, 2003). Representa um importante recurso pesqueiro na região Amazônica (Moraes-Riodades & Valenti, 2001), sendo explorado nos Estados do Pará e Amapá pela pesca artesanal.

O interesse na criação do camarão-da-amazônia em cativeiro tem crescido no Brasil, nos últimos anos. Uma produção piloto de pós-larvas teve início em 1996; entretanto, a tecnologia de cultivo para a espécie ainda não foi dominada, por isso, *Macrobrachium rosenbergii* ainda é a principal espécie cultivada. No entanto, *M. amazonicum* merece destaque por apresentar carne com textura mais firme e sabor mais acentuado em relação ao *M. rosenbergii* (Moraes-Riodades & Valenti, 2001).

O desenvolvimento de tecnologia de cultivo para uso de espécies nativas visa a preservação da diversidade da fauna natural, evitando os problemas causados pela introdução de espécies exóticas. O cultivo do *M. amazonicum* compreende duas fases, a larvicultura e a engorda ou recria dos camarões. A larvicultura é uma etapa mais complexa, realizada em laboratório, e requer mão-de-obra especializada para a produção de pós-larvas. O processo exige manejo habilidoso e dispendioso, necessita de rígido controle da temperatura, salinidade, qualidade da água e do alimento (Valenti, 1998).

São necessários estudos para estabelecer a viabilidade técnica e econômica para a produção de pós-larvas de *M. amazonicum*. Muitos fatores são específicos para cada espécie; entre eles, destaca-se a coloração dos tanques de cultivo que interfere de forma diferenciada no desenvolvimento larval de peixes e crustáceos (Lin & Omori, 1993; Martin-Robichaud & Peterson, 1998; Tamazouzt *et al.*, 2000; Rotllant *et al.*, 2003;

Weigartner & Zaniboni Filho, 2004; Yashariam *et al.*, 2005). No entanto, a relação entre o impacto da coloração dos tanques com o crescimento e sobrevivência das larvas de camarão de água doce é controverso.

O Manual de Cultivo do *Macrobrachium rosenbergii* (New, 2002), publicado pela FAO, não apresenta uma recomendação específica para cor, devido a grande diversidade de opinião entre os produtores. Alguns aquicultores relatam que obtêm melhor sobrevivência das larvas cultivadas em tanques de cores escuras (verde, azul e preta), atribuindo esse resultado a um melhor contraste entre as larvas e o alimento e a uma melhor distribuição dos animais na coluna d'água. Entretanto, outros produtores preferem tanques brancos para o cultivo nessa fase. Os mesmos acreditam que a alimentação se dá pela chance de encontro predador-presa e que a visão tem papel secundário na captura do alimento. Além disso, os produtores alegam que a cor clara facilita a visualização das larvas e a limpeza dos tanques.

Aquacop (1977) obteve melhores resultados na larvicultura de *M. rosenbergii* em tanques de coloração verde escura. Entretanto, Juarez *et al.* (1987) obtiveram taxa de sobrevivência similar de pós-larvas cultivadas em tanques de cor preta, azul e branca. Daniels *et al.* (1992) relatam maior sobrevivência em cultivos realizados em tanques de parede preta e fundo bege, alegando proporcionar melhor contraste do alimento, facilitando a captura dos náuplios de *Artemia* pelas larvas. Lin & Omori (1993) demonstraram haver uma redução na taxa de consumo de alimento das larvas mantidas em tanques claros e obtiveram os melhores resultados com a utilização de tanques pretos. Em pesquisa recente, Yasharian *et al.* (2005) observaram melhor sobrevivência de *M. rosenbergii* em cultivos realizados em tanques de coloração vermelha e verde.

Até o momento, não há um consenso sobre a recomendação da cor adequada para a larvicultura de camarões de água doce e nenhum estudo sobre o efeito da cor foi realizado para *M. amazonicum*. Além disso, não foram estabelecidas as implicações

entre a coloração dos tanques e o sucesso do desenvolvimento larval. Portanto, o objetivo desse estudo foi determinar o efeito da cor dos tanques sobre o consumo de náuplios de *Artemia*, a sobrevivência, crescimento e metamorfose das larvas do camarão-da-amazônia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (cores de tanque: branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta) e quatro réplicas. As cores foram identificadas segundo a escala de cores Pantone® (Tabela 1). Foram verificados o consumo de náuplios de *Artemia*, o índice de condição larval (ICL), o índice de estágio larval (IEL), a sobrevivência, a produtividade e o peso seco das pós-larvas. Para análise estatística dos resultados, foram realizados testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Brown-Forsythe). Como não foi observado desvio significativo da normalidade e homocedasticidade, aplicou-se ANOVA pelo teste *F*, seguido do teste LSD de Fisher, para comparação entre as médias. Os dados de sobrevivência foram previamente submetidos à transformação arco seno \sqrt{x} , mas foram apresentados em percentual para facilitar a interpretação. Foi realizado o teste de correlação, tendo sido determinado o coeficiente de correlação linear de *Pearson*, entre a sobrevivência das larvas e a quantidade de fótons que incidiu no fundo dos tanques. Considerou-se à diferença significativa quando $p < 0,05$. Os dados foram analisados com o auxílio do aplicativo SAS (versão 8.0).

Tabela 1- Identificação das cores segundo a escala Pantone®

Cor dos tanques	Código Pantone
Branca	white
Amarela	7402 EC
Vermelha	187 EC
Azul	3015 EC
Verde	7475 EC
Preta	process black CVC

2.2. Origem dos animais e condições experimentais

As larvas de *M. amazonicum* utilizadas no experimento foram obtidas de fêmeas ovígeras provenientes do Rio Gurupí, na cidade de Viseu – PA (S 01° 12' 37,7" W 46° 08' 17,1"). Os animais foram coletados com o auxílio de tarrafas com malha de 0,5 cm. O transporte dos camarões até o Laboratório de Aqüicultura, na cidade de Bragança-PA (Universidade Federal do Pará), foi realizado em sacos com água do local de coleta providos de aeração.

No laboratório, as fêmeas ovígeras foram desinfetadas em solução de formol a 25 ppm por trinta minutos; em seguida foram transferidas para tanques de eclosão com água salobra (5‰), providos de aeração. Após a eclosão, as larvas foram coletadas, contadas e aclimadas nos tanques de cultivo. Estes apresentavam volume útil de 20 litros, acoplados a filtros biológicos, em sistema fechado dinâmico (Valenti & Daniels, 2000). Foram utilizados tanques com as cores: branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta, com quatro repetições. A densidade de povoamento foi 100 larvas/L.

O fotoperíodo foi 12:12h claro/escuro. Diariamente verificou-se temperatura, pH, salinidade, amônia e nitrito. Foram instalados aquecedores com termostatos para manter a temperatura da água do cultivo a $29 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$. O pH foi mantido em $8,0 \pm 0,5$. A salinidade adotada foi de $10 \pm 0,5\text{‰}$. Os níveis de amônia e nitrito foram mantidos próximos a zero ($<0,01$ mg/L). O oxigênio dissolvido foi mantido a $7,5 \pm 1$ mg/L. A penetração de fótons na superfície e no fundo dos tanques foi determinada com o auxílio de um fotômetro (LI-COR 1000).

As larvas foram alimentadas com náuplios de *Artemia* (NA) durante todo o cultivo, no final da tarde (17:00 h). Quando as larvas atingiram o estágio V, foi adicionada dieta inerte duas vezes ao dia, às 8:00 e às 12:00 h. A tábua de alimentação adotada foi baseada em dados de observações de larviculturas anteriores, desenvolvidas para *M. amazonicum*, assim como, nos dados obtidos no capítulo 2, em que foi verificado o

consumo de náuplios de *Artemia* para cada estágio larval (Tabela 2). Foi utilizada a dieta inerte proposta por Mallasen & Valenti (1998) (Tabela 3). A mesma apresenta aproximadamente, 45% de proteína bruta, 22% de extrato etéreo, 23% de extrativo não nitrogenado, 9% de matéria mineral e 18% de matéria seca original. A energia bruta é aproximadamente 5000 kcal.kg⁻¹.

O consumo dos náuplios de *Artemia* foi avaliado às 16:00 h. De cada tanque, foram retiradas cinco amostras de 4 mL, com o auxílio de uma pipeta graduada, sem a ponta. Os náuplios presentes em cada amostra foram contados por observação visual e, calculou-se a quantidade de náuplios em 1 mL. Posteriormente, calculou-se a média das cinco unidades de amostra e o resultado foi multiplicado pelo volume do tanque. O consumo foi determinado pela subtração entre o número de náuplios contados às 17:30 h (no dia anterior) após a oferta e o número de náuplios restantes no final no dia seguinte, antes da oferta.

Os tanques foram despescados aos 22 dias após o povoamento. O número de larvas e pós-larvas foi determinado por contagem individual. A partir desses dados e dos valores de estocagem de cada tanque, determinou-se a taxa de sobrevivência, o coeficiente de mortalidade e a curva de sobrevivência, conforme se segue:

$$S = N_T / N_0 \quad (1)$$

$$m = - \ln S / T \quad (2)$$

$$N_t = N_0 \cdot e^{-mt} \quad (3)$$

Sendo:

S = taxa de sobrevivência final expressa em proporção

N_T = número de larvas despescadas

N_0 = número de larvas estocadas no tanque

T = duração do cultivo em dias

N_t = número de larvas presentes no tanque a cada dia de cultivo

m = coeficiente de mortalidade

e = base dos logaritmos naturais

t = dias de cultivo (1,2,...n)

A curva de sobrevivência foi adaptada de Margalef (1998), que apresenta a curva de sobrevivência para uma única coorte. Esta equação considera a taxa de mortalidade constante ao longo do tempo e tem sido largamente usada em estudos de biologia pesqueira para previsão de estoques. Como não foram observadas fases de maior mortalidade nos tanques de larvicultura, essa curva é aceitável para estimar a quantidade de animais presentes no tanque a cada dia.

O número de animais contidos no tanque a cada dia de cultivo foi estimado substituindo o dia desejado na equação (3). A seguir, dividiu-se o número de náuplios consumidos naquele dia pelo número de animais contidos no mesmo tanque para estimar o consumo de náuplios de *Artemia*/larva.

Durante o experimento foram avaliados o índice de condição larval (ICL) (adaptado de Tayamen & Brown, 1999) e o índice de estágio larval (IEL) (Manzi *et al.*, 1977), a cada dois dias. Foram analisadas às 14:00 h, 40 larvas de cada tratamento. Para o cálculo do IEL não foram consideradas as pós-larvas. Os nove estágios larvais foram identificados segundo as descrições de Guest (1979). O índice de estágio larval (IEL) foi determinado de acordo com o método da média ponderada de Manzi *et al.* (1977) pela seguinte fórmula:

$$IEL = (\sum n_i E_i) / n$$

Sendo:

n_i = nº de larvas no estágio “E”;

n = nº de larvas analisadas;

E = estágio de desenvolvimento larval;

IEL = varia de 1 a 9.

O índice de condição larval (ICL) foi verificada seguindo a planilha desenvolvida por Tayamen & Brown (1999) para *M. rosenbergii*, adaptada para *M. amazonicum*. Os itens analisados foram: condições do intestino, condições do hepatopâncreas, estado dos cromatóforos, coloração do corpo, estado do rostro e cerdas, proporção da musculatura em relação ao intestino, aparência do músculo do abdômen, melanização e presença de organismos infestantes. Cada item checado recebia um valor de 0 a 2, sendo: 0 = pobre; 1 = satisfatório; 2 = excelente. O índice de condição larval (ICL) foi determinado de acordo com a fórmula abaixo:

$$ICL = \sum P / n$$

Sendo:

P = total de pontos atribuído a cada larva analisada;

n = nº de larvas analisadas;

ICL varia de 0 a 2.

No final do cultivo, foram determinadas a sobrevivência, a produtividade e o peso seco das pós-larvas. Para obter o peso seco, cinco amostras de 10 PL foram retiradas de cada tanque e acondicionados em cartuchos de papel alumínio, previamente pesados. Em seguida, estes foram colocados em placas de Petri e mantidos em estufa,

com temperatura 70°C, por 24 h. Então, os cartuchos foram transferidos para um dessecador e, após duas horas, foram pesados em balança com acurácia de 10µg.

Tabela 2 – Oferta de náuplios de *Artemia* (NA) e dieta inerte, ao longo do cultivo. A dieta inerte foi ofertada duas vezes ao dia.

Dias de cultivo	Estágios dominantes	NA/mL	Dieta inerte (g)
2	I-II	4	-
3	II-III	6	-
4	III	6	-
5	IV	6	-
6-7	IV-V	8	0,5
8	V-VI	10	1,0
9-10	VI-VII	12	1,0
11-12	VII-VIII	12	1,5
13-14	VII-VIII	12	1,5
15-16	VIII-IX	12	2,0
17-21	VIII-IX	12	2,0

Tabela 3 – Formulação da dieta inerte (Mallasen & Valenti, 1998)

Ingredientes	Quantidades (%)
Ovos	34,00
Lula	10,00
Filé de peixe	10,00
Leite em pó	4,00
Farinha de trigo	2,00
Solução Scoth®	0,80
Premix vitamínico	0,70
Premix mineral	0,70
Água	37,80

3. RESULTADOS

3.1. Incidência de luz nos tanques de cultivo

A coloração dos tanques afetou significativamente a quantidade de luz que penetra na superfície e no fundo dos tanques de cultivo. Houve maior incidência de luz na superfície e fundo dos tanques claros: brancos e amarelos. No entanto, os tanques escuros (azul, verde e preto) apresentaram iluminação similar no fundo, ao contrário do que ocorreu na superfície, em que diferiram entre si. Os tanques vermelhos apresentaram valores intermediários (Figura 1). Além disso, houve correlação linear negativa entre a sobrevivência e a quantidade de fótons registrada no fundo dos tanques de cultivo ($r = 0,58$; $p = 0,003$) (Figuras 1 e 2).

3.2. Índice de estágio larval (IEL) e índice de condição larval (ICL)

O índice de estágio larval (IEL) apresentou-se semelhante nos diferentes tratamentos. Entretanto, houve uma pequena redução desse índice nas larvas acondicionadas nos tanques brancos, amarelos e azuis (Tabela 4). As primeiras pós-larvas surgiram no 12º dia de cultivo e a larvicultura foi concluída no 22º dia em todos os tratamentos.

As larvas mantidas em tanques brancos e amarelos apresentaram uma redução no índice de condição larval (ICL) nos últimos dias de cultivo. A redução do ICL deveu-se à coloração das larvas e menor transparência da musculatura do abdômen (Tabela 5; Figura 3).

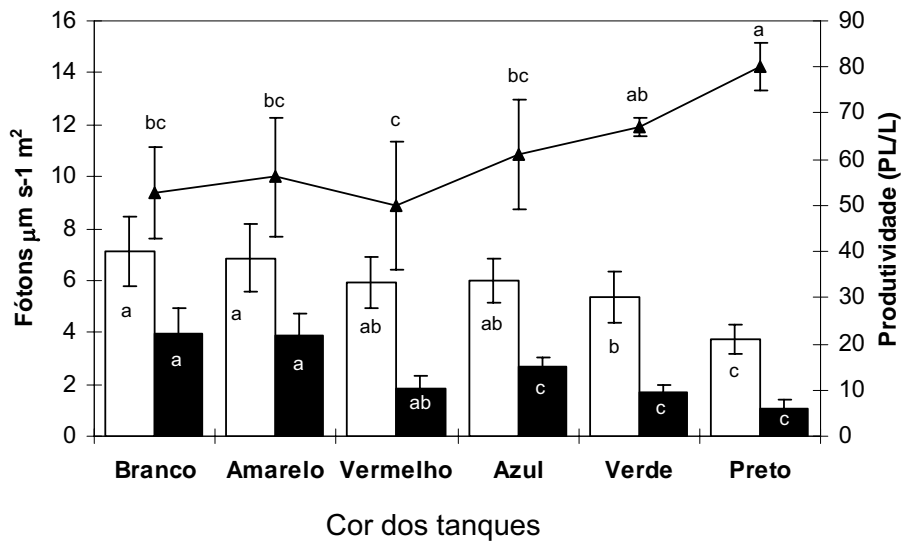


Figura 1 – As barras brancas representam os fótons registrados na superfície da água dos tanques de cultivo e as barras pretas correspondem aos fótons que penetram no fundo. A linha corresponde à produtividade – Pós-larvas/L. As barras correspondem ao desvio padrão. Letras diferentes indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$.

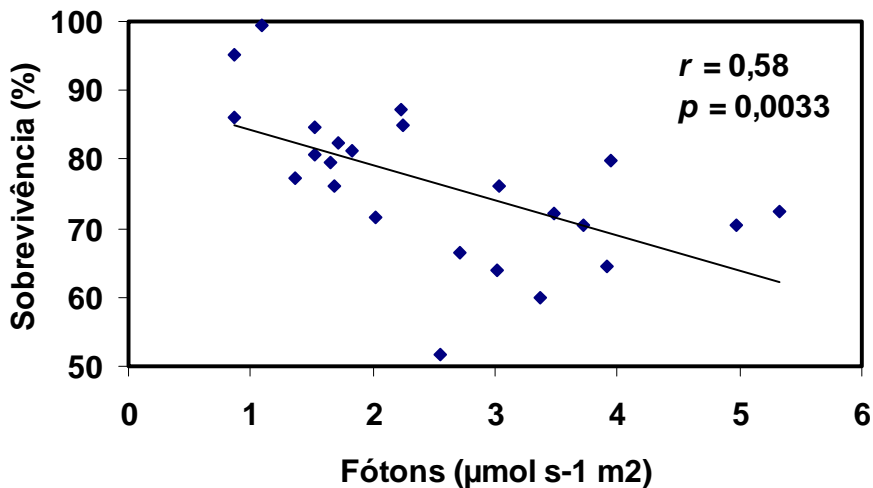


Figura 2 – Correlação de Pearson entre a luz que penetra no fundo dos tanques de cultivo (fótons $\mu\text{mol}^{-1} \text{m}^2$) e a sobrevivência das larvas e pós-larvas (%).

Tabela 4 - Índice de estágio larval (IEL) (média ± DP) das larvas de *M. amazonicum* mantidas em diferentes cores de tanques. Letras diferentes na mesma linha indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$

Dias	Branco	Amarelo	Vermelho	Azul	Verde	Preto
2	1,8 ± 0,3 ^a	1,9 ± 0,3 ^a	1,7 ± 0,2 ^a	1,7 ± 0,3 ^a	1,9 ± 0,2 ^a	1,7 ± 0,2 ^a
4	2,7 ± 0,4 ^a	2,8 ± 0,5 ^a	2,5 ± 0,6 ^a	2,6 ± 0,4 ^a	3,1 ± 0,4 ^a	3,1 ± 0,3 ^a
6	4,1 ± 0,4 ^a	4,3 ± 0,9 ^a	3,9 ± 0,6 ^a	3,7 ± 0,5 ^a	4,3 ± 0,9 ^a	4,2 ± 0,5 ^a
8	5,1 ± 0,4 ^a	5,0 ± 0,1 ^a	4,8 ± 0,4 ^a	4,8 ± 0,3 ^a	5,3 ± 0,7 ^a	5,3 ± 0,7 ^a
10	6,1 ± 0,5 ^a	6,2 ± 0,2 ^a	6,2 ± 1,0 ^a	6,1 ± 0,6 ^a	6,6 ± 1,1 ^a	6,5 ± 0,4 ^a
12	7,0 ± 0,7 ^a	7,3 ± 0,4 ^a	7,8 ± 0,7 ^a	7,4 ± 0,5 ^a	7,5 ± 0,9 ^a	7,9 ± 0,2 ^a
14	7,7 ± 0,5 ^a	8,0 ± 0,3 ^a	8,4 ± 0,6 ^a	7,7 ± 0,6 ^a	8,0 ± 0,7 ^a	8,3 ± 0,3 ^a
16	7,9 ± 0,3 ^a	8,4 ± 0,1 ^a	8,6 ± 0,4 ^a	8,5 ± 0,1 ^a	8,4 ± 0,7 ^a	8,6 ± 0,2 ^a
18	8,4 ± 0,3 ^b	8,6 ± 0,1 ^{ab}	8,9 ± 0,2 ^a	8,7 ± 0,2 ^{ab}	8,8 ± 0,3 ^a	8,9 ± 0,1 ^a
20	8,6 ± 0,3 ^b	8,8 ± 0,1 ^{ab}	8,9 ± 0,1 ^a	8,8 ± 0,2 ^{ab}	8,9 ± 0,2 ^a	8,9 ± 0,1 ^a

Tabela 5- Índice de condição larval (ICL) (média ± DP) das larvas de *M. amazonicum* mantidas em diferentes cores de tanques. Letras diferentes na mesma linha indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$

Dias	Branco	Amarelo	Vermelho	Azul	Verde	Preto
2	1,84 ± 0,09 ^a	1,88 ± 0,09 ^a	1,84 ± 0,08 ^a	1,77 ± 0,09 ^a	1,94 ± 0,09 ^a	1,87 ± 0,02 ^a
4	1,87 ± 0,05 ^{bc}	1,84 ± 0,07 ^{ab}	1,92 ± 0,04 ^a	1,79 ± 0,06 ^c	1,89 ± 0,02 ^{ab}	1,89 ± 0,02 ^{ab}
6	1,82 ± 0,05 ^a	1,80 ± 0,13 ^a	1,87 ± 0,06 ^a	1,86 ± 0,07 ^a	1,89 ± 0,49 ^a	1,92 ± 0,05 ^a
8	1,81 ± 0,10 ^a	1,77 ± 0,17 ^a	1,87 ± 0,02 ^a	1,85 ± 0,06 ^a	1,87 ± 0,05 ^a	1,88 ± 0,02 ^a
10	1,80 ± 0,19 ^a	1,75 ± 0,13 ^a	1,88 ± 0,05 ^a	1,79 ± 0,03 ^a	1,92 ± 0,04 ^a	1,89 ± 0,10 ^a
12	1,73 ± 0,20 ^a	1,87 ± 0,08 ^a	1,93 ± 0,03 ^a	1,79 ± 0,06 ^a	1,85 ± 0,09 ^a	1,94 ± 0,04 ^a
14	1,84 ± 0,08 ^a	1,80 ± 0,09 ^a	1,91 ± 0,07 ^a	1,92 ± 0,03 ^a	1,90 ± 0,03 ^a	1,93 ± 0,03 ^a
16	1,72 ± 0,10 ^b	1,70 ± 0,05 ^b	1,88 ± 0,10 ^a	1,85 ± 0,03 ^a	1,85 ± 0,06 ^a	1,90 ± 0,03 ^a
18	1,68 ± 0,03 ^d	1,71 ± 0,01 ^d	1,91 ± 0,06 ^a	1,85 ± 0,04 ^{bc}	1,81 ± 0,04 ^c	1,90 ± 0,04 ^{ab}
20	1,69 ± 0,02 ^c	1,67 ± 0,05 ^c	1,90 ± 0,07 ^a	1,87 ± 0,04 ^a	1,78 ± 0,05 ^b	1,93 ± 0,06 ^a

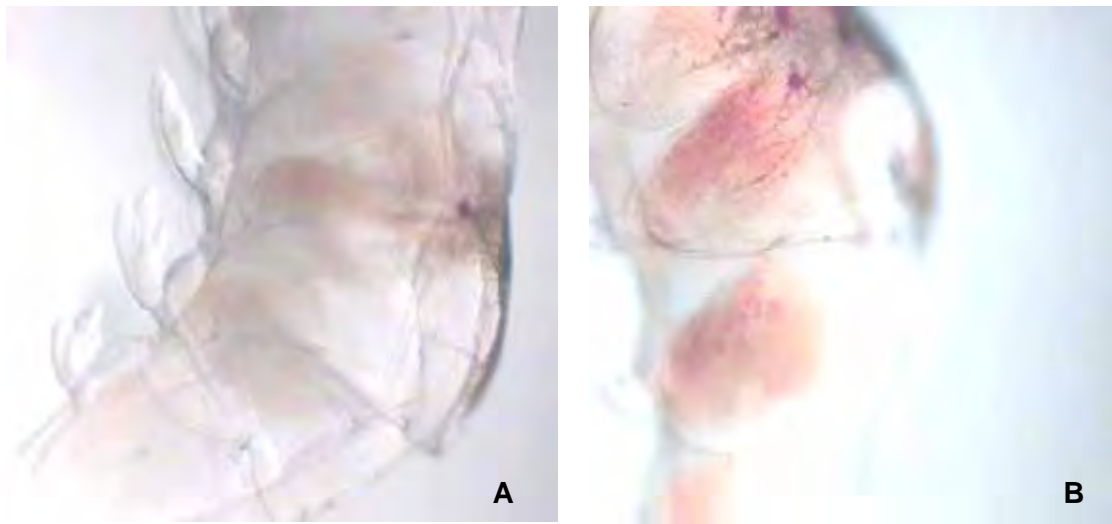


Figura 3- Coloração das larvas cultivadas em tanques brancos *A*, e em tanques pretos *B*.

3.3. Consumo de náuplios de *Artemia*

O consumo de *Artemia* (NA) foi afetado pela coloração dos tanques de cultivo. O somatório de náuplios ingeridos por larva, durante o cultivo, foi de 30 a 40 % (1290 a 1450 NA/larva/cultivo) maior nos tanques verdes e vermelhos, respectivamente. Os demais tratamentos apresentaram consumo de náuplios menor, e os resultados foram similares (aproximadamente, 1000 NA/larva/cultivo) (Figura 4; Tabela 6). Nos tanques pretos foi observado consumo mais estável em relação aos demais. Além disso, o padrão de consumo do alimento vivo foi influenciado pelo desenvolvimento ontogenético das larvas.

O consumo de *Artemia* foi pouco afetado pela cor dos tanques nos primeiros dias de cultivo, sendo observado maior consumo nos tanques vermelhos e verdes nos dias 3 e 4. Entretanto, aumentou significativamente entre os dias 8 e 12 (Tabela 4). As larvas acondicionadas em tanques vermelhos apresentaram um consumo significativamente maior em relação aos demais tratamentos nessa fase do cultivo.

A partir do dia 14, houve maior heterogeneidade de estágios larvais (VII, VIII, IX e PL). Nessa fase, a cor verde condicionou maior ingestão de *Artemia* em relação às demais. A partir do dia 16, foi observada uma queda no consumo do alimento vivo na maioria dos tratamentos. Nesse período predominam os estágios larvais VIII e IX. Entretanto, nos últimos dias, foi observado um aumento no consumo de náuplios, que foi maior nas larvas provenientes dos cultivos desenvolvidos em tanques verdes e amarelos. Essa fase coincide com o aumento na proporção de pós-larvas, em todos os tratamentos. Embora não tenha sido quantificado, as sobras de dieta inerte foram aproximadamente constantes.

Tabela 6 - Consumo de *Artemia* por larva ao longo dos dias de cultivo (média ± desvio padrão). ANOVA, seguido do teste LSD para comparação entre as médias. As letras nas linhas indicam as diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$).

Dia	Branco	Amarelo	Vermelho	Azul	Verde	Preto
3	12,22 ± 2,59 ^{bc}	7,01 ± 4,94 ^c	45,67 ± 11,67 ^a	23,92 ± 19,25 ^b	13,83 ± 4,86 ^{bc}	10,13 ± 0,10 ^{bc}
4	17,72 ± 5,13 ^{bc}	7,13 ± 5,02 ^c	32,6 ± 9,59 ^a	24,16 ± 4,78 ^{ab}	31,56 ± 8,79 ^a	16,93 ± 4,74 ^{bc}
5	25,12 ± 13,36 ^{ns}	14,47 ± 5,15 ^{ns}	37,25 ± 15,52 ^{ns}	15,69 ± 4,30 ^{ns}	17,75 ± 5,06 ^{ns}	13,68 ± 19,50 ^{ns}
6	36,46 ± 31,32 ^{ns}	14,70 ± 5,24 ^{ns}	32,80 ± 22,34 ^{ns}	26,42 ± 18,37 ^{ns}	35,91 ± 4,97 ^{ns}	27,11 ± 25,23 ^{ns}
7	29,72 ± 14,50 ^{ns}	40,95 ± 9,94 ^{ns}	26,53 ± 3,44 ^{ns}	24,91 ± 20,25 ^{ns}	32,76 ± 8,95 ^{ns}	37,54 ± 20,79 ^{ns}
8	30,00 ± 10,42 ^b	19,01 ± 5,51 ^b	82,36 ± 23,03 ^a	21,49 ± 8,86 ^b	31,28 ± 11,18 ^b	28,89 ± 29,93 ^b
9	19,00 ± 19,36 ^b	23,03 ± 9,01 ^b	92,41 ± 26,85 ^a	28,87 ± 18,42 ^b	37,27 ± 5,12 ^b	44,48 ± 33,25 ^b
10	85,72 ± 26,94 ^a	39,09 ± 29,15 ^b	98,54 ± 25,88 ^a	72,90 ± 22,75 ^{ab}	37,86 ± 11,12 ^b	65,67 ± 31,84 ^{ab}
11	82,83 ± 12,55 ^b	83,47 ± 25,37 ^b	133,27 ± 19,62 ^a	84,71 ± 26,82 ^b	95,73 ± 20,38 ^b	76,93 ± 36,99 ^b
12	100,43 ± 27,17 ^b	96,82 ± 18,07 ^b	150,99 ± 4,98 ^a	111,41 ± 19,41 ^b	96,70 ± 4,08 ^b	66,38 ± 11,48 ^c
13	102,02 ± 28,01 ^{bc}	98,65 ± 10,76 ^{bc}	155,64 ± 19,71 ^a	67,35 ± 0,91 ^d	125,36 ± 10,63 ^b	84,62 ± 32,63 ^{cd}
14	81,89 ± 46,74 ^{ns}	100,26 ± 11,05 ^{ns}	68,74 ± 34,25 ^{ns}	60,37 ± 26,57 ^{ns}	114,49 ± 28,99 ^{ns}	70,66 ± 13,44 ^{ns}
15	70,62 ± 13,90 ^b	33,91 ± 5,75 ^c	61,32 ± 23,22 ^b	53,28 ± 4,83 ^{bc}	120,45 ± 16,35 ^a	74,99 ± 19,84 ^b
16	54,48 ± 20,52 ^{bc}	43,03 ± 11,71 ^c	88,00 ± 18,77 ^a	80,68 ± 16,19 ^a	91,01 ± 20,25 ^a	78,65 ± 15,58 ^{ab}
17	38,16 ± 20,58 ^c	56,88 ± 11,86 ^{bc}	72,03 ± 12,59 ^{ab}	81,23 ± 14,91 ^{ab}	92,18 ± 19,66 ^a	82,80 ± 16,82 ^a
18	60,67 ± 20,95 ^{ns}	102,24 ± 10,38 ^{ns}	103,16 ± 35,38 ^{ns}	93,38 ± 36,52 ^{ns}	81,74 ± 18,27 ^{ns}	75,43 ± 15,42 ^{ns}
19	89,00 ± 11,04 ^{bc}	103,89 ± 10,52 ^{ab}	83,03 ± 16,32 ^c	78,87 ± 4,58 ^c	122,83 ± 16,75 ^a	75,47 ± 15,75 ^c
20	72,09 ± 17,20 ^b	115,17 ± 10,58 ^a	84,78 ± 17,43 ^b	71,62 ± 9,39 ^b	120,24 ± 21,03 ^a	76,03 ± 7,64 ^b
Total	1.008 ± 55 ^b	999 ± 61 ^b	1.449 ± 204 ^a	1.021 ± 205 ^b	1.299 ± 71 ^a	1.006 ± 136 ^b

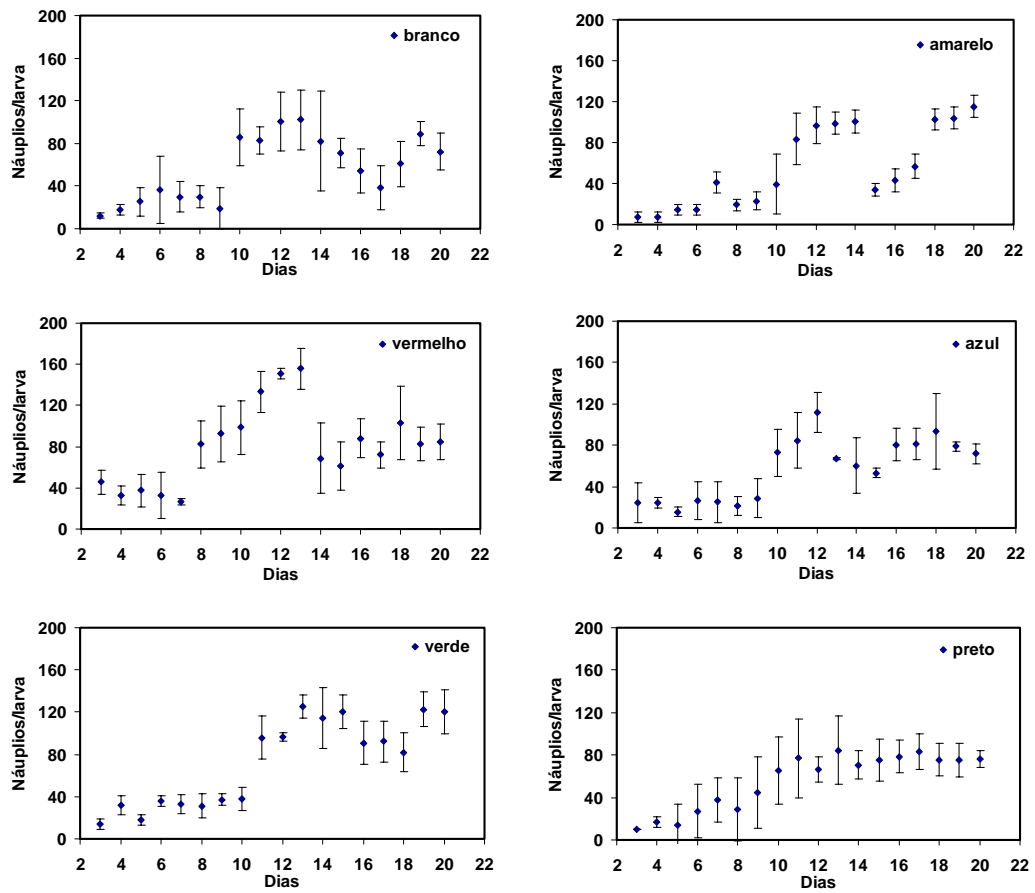


Figura 4 - Consumo de náuplios de *Artemia* por larva ao longo do cultivo, em cada cor de tanque. Média \pm desvio padrão.

3.4. Sobrevivência, produtividade e peso seco

As cores dos tanques de cultivo produziram impacto na sobrevivência. Os maiores percentuais foram observados nas larvas criadas nos tanques pretos e azuis, e os menores naquelas cultivadas em tanques vermelhos e amarelos (Tabela 7). As demais cores condicionaram valores intermediários de sobrevivência. A proporção de larvas e pós-larvas ao final do cultivo não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. No entanto, a produtividade foi afetada pelas cores dos tanques (Figura 1).

A maior produtividade foi obtida nos tanques pretos e as menores nos vermelhos. Os cultivos provenientes dos tanques brancos, amarelos e azuis apresentaram redução da produtividade, mas não diferiram entre si. Os tanques verdes condicionaram valores intermediários, não apresentando diferenças estatisticamente significativas em relação aos demais (Figura 1; Tabela 7).

O peso seco das pós-larvas foi afetado pela coloração dos tanques de cultivo, sendo verificada correlação linear positiva entre o peso seco das pós-larvas e o consumo de *Artemia* ($r = 0,70$; $p = 0,0002$) (Figura 5). Dessa forma, os maiores pesos foram obtidos nas pós-larvas provenientes dos tanques verdes e vermelhos. Nestes tratamentos também ocorreu maior consumo de náuplios de *Artemia* (Tabela 7).

Tabela 7 - Sobrevivência, produtividade e peso seco (média \pm DP) de larvas cultivadas em diferentes cores de tanques. ANOVA, seguida do teste LSD. Letras diferentes na mesma coluna indicam que as diferenças entre as médias são significativas, $p < 0,05$.

Cor dos tanques	Sobrevivência Total (%)	Produtividade PL/L	Pós-larvas (%)	Larvas (%)	Peso seco (mg)
Branco	72,1 \pm 6,6 ^{bc}	52,6 \pm 10,0 ^{bc}	73,3 \pm 14,2 ^a	26,7 \pm 14,2 ^a	1,0 \pm 0,1 ^c
Amarelo	70,3 \pm 4,7 ^c	56,1 \pm 13,2 ^{bc}	79,2 \pm 13,4 ^a	20,8 \pm 13,4 ^a	1,2 \pm 0,2 ^b
Vermelho	66,3 \pm 15,1 ^c	49,9 \pm 14,7 ^c	75,8 \pm 18,2 ^a	24,2 \pm 18,2 ^a	1,3 \pm 0,2 ^a
Azul	82,3 \pm 1,9 ^{ab}	61,0 \pm 12,7 ^{bc}	73,9 \pm 13,5 ^a	26,1 \pm 13,5 ^a	1,1 \pm 0,18 ^c
Verde	76,1 \pm 3,3 ^{bc}	66,9 \pm 2,2 ^{ab}	88,1 \pm 6,3 ^a	11,9 \pm 6,3 ^a	1,4 \pm 0,2 ^a
Preto	91,4 \pm 7,1 ^a	80,1 \pm 5,1 ^a	87,8 \pm 4,1 ^a	12,2 \pm 4,1 ^a	1,2 \pm 0,1 ^b

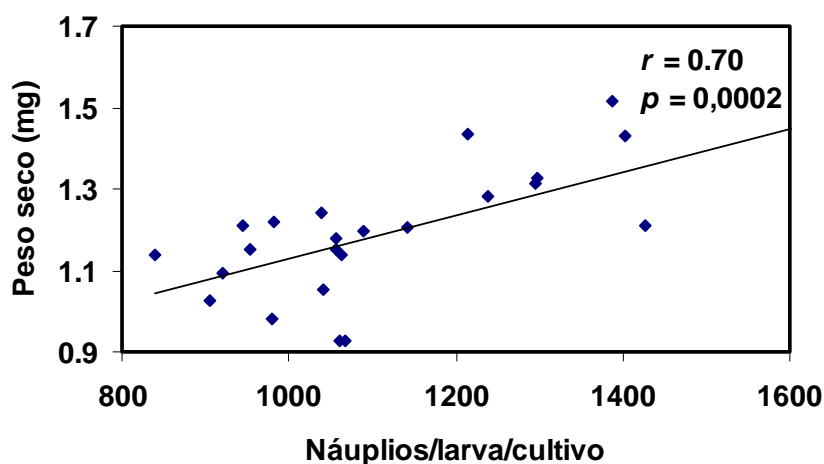


Figura 5 – Correlação de Pearson entre o peso seco das pós-larvas e a quantidade total de náuplios ingeridos por larva durante todo cultivo.

4. DISCUSSÃO

A qualidade da água do cultivo e a alimentação são os principais fatores determinantes da sobrevivência e da taxa de metamorfose das larvas de crustáceos (Anger, 2001). Entretanto, fatores abióticos como cor e luz interferem no comportamento alimentar de larvas de peixes e crustáceos (Lin & Omori, 1993; Martin-Robichaud & Peterson, 1998; Tamazouzt *et al.*, 2000; Rotllant *et al.*, 2003, Weigartner & Zaniboni Filho, 2004; Yashariam *et al.*, 2005). Embora valores adequados a *M. amazonicum* sejam desconhecidos, nesse experimento, a água apresentou características dentro dos padrões considerados adequados para a aqüicultura em sistema fechado, de acordo com Timmons *et al.* (2002), em todos os tratamentos. Desse modo, atribuiu-se a cor dos tanques as diferenças significativas na incidência de luz nos tanques de cultivo, assim como no consumo de *Artemia*, na sobrevivência e no peso das pós-larvas.

A taxa de sobrevivência de larvas de *M. amazonicum* foi inversamente proporcional à quantidade de fótons que penetra no fundo dos tanques. A distribuição espacial das larvas pode ser influenciada pela luz que penetra na coluna d'água e pela cor do tanque que interfere diretamente na quantidade de fótons. Observou-se que as larvas mantidas em tanques claros (amarelo e branco) não se distribuíram uniformemente na coluna d'água. Moller (1978) observou que larvas de *M. rosenbergii* respondem mais rapidamente à luz do que à presença do alimento, nadando ativamente em direção a luz. Em tanques claros, ocorre maior penetração de luz, e foi observado que as larvas dessa espécie, apresentam comportamento natatório exacerbado, acompanhado pela redução na captura do alimento (Lin & Omori, 1993).

A luz é um fator importante no controle da distribuição e da profundidade do plâncton (Juan, 1997). Segundo Huse (1994 *apud* Liñan-Cabelo *et al.*, 2002), há uma iluminação ótima para larvas de “turbot” (linguado), e a luz interfere na distribuição

vertical das larvas na coluna d'água. Na natureza, as larvas de camarão compõem o meroplâncton e apresentam migração vertical (Anger, 2001). Esse comportamento foi observado em larvas de *M. amazonicum*, nos lagos de várzea da Amazônia Central (Moreira & Odinetz-Collart, 1993). Desse modo, a migração vertical do plâncton tem papel importante na alimentação, pois além do deslocamento em função das condições físicas e químicas favoráveis, as larvas migram para o local onde ocorre maior densidade de alimento, aumentando a chance de encontro e economia de energia na captura (Juan, 1997). Na natureza, a coloração da água varia em função da turbidez e da produção primária. Além disso, a migração vertical é um comportamento de defesa que não pode ser exercido satisfatoriamente nas condições de laboratório, pois a profundidade do tanque de cultivo é menor que um metro. A cor do tanque inadequada e a claridade em excesso podem constituir-se em importantes fatores de estresse para as larvas de *M. amazonicum*. Segundo Anger (2001), o estresse crônico em larvas de crustáceos compromete a sobrevivência e prolonga o tempo de intermuda. Volpato *et al.* (2001) observaram em tilápias do Nilo que a cor de tanque azul previne o estresse, ao contrário do que ocorre na cor verde, embora a intensidade de luz seja similar nas duas cores.

Outra fonte de estresse é a adaptação dos pigmentos corporais da larva à cor do meio. Os crustáceos apresentam cromatóforos distribuídos pelo corpo. A coloração dos animais se adapta em função da cor do ambiente, devido à dispersão ou concentração dos pigmentos nas células especializadas (Ghidalia, 1985). Segundo Bauer (2004), esse mecanismo é considerado fisiológico quando a adaptação à cor de fundo ocorre em minutos ou horas e, morfológico, quando os animais são expostos a uma nova cor, por um período prolongado. Nesse caso, a mudança de cor se dá pela produção de novos pigmentos e não mais apenas pela dispersão e concentração dos mesmos. As larvas de *M. amazonicum* foram submetidas a diferentes cores de tanque por um período

prolongado, logo, podem ter apresentado adaptação morfológica. Classard-Bouchaud (1965, apud, Bauer, 2004) observaram na espécie *Cragon cragon* que a produção de pigmentos aumentou em 50% quando os animais foram expostos à cor de fundo preta; no entanto, a cor de fundo branca condicionou um aumento de 200 a 300%. You *et al.* (2006) observaram em juvenis de *Litopenaeus vannamei* o aumento da concentração de astaxantina em resposta à maior iluminação, funcionando como um fator de proteção. Entretanto, esses autores relataram que o acúmulo de astaxantina condiciona redução no crescimento dos animais. Nesse último caso, a demanda de energia é provavelmente muito maior.

Observou-se pequena redução no índice de condição larval (ICL) naquelas mantidas em tanques claros nos últimos dias de cultivo. O principal fator comprometido na avaliação do ICL foi exatamente a pigmentação e transparência da musculatura. Por outro lado, nas larvas mantidas em tanques escuros, pode ter havido uma economia energética significativa que teria contribuído para acelerar a fase larval, resultando em maior produtividade. O gasto energético para adaptação às condições físicas e químicas da água foi demonstrado em larvas de *Macrobrachium acanthurus*, em que a taxa metabólica e a sobrevivência, foram favorecidas quando os animais se encontravam em condições apropriadas (Ismael & Moreira, 1997).

A cor dos tanques produziu impacto sobre a taxa de ingestão de náuplios de *Artemia*. Larvas de *M. amazonicum* mantidas nos tanques vermelhos e verdes foram as que apresentaram maiores taxas de ingestão de náuplios. No entanto, esse consumo foi influenciado pelo desenvolvimento ontogenético das larvas. Nos primeiros dias de cultivo, o consumo dos náuplios foi pouco afetado pela cor dos tanques. Nessa fase, a habilidade das larvas para predação ainda é limitada, os pereópodos são pouco desenvolvidos e ainda não apresentam pleópodos (Guest, 1979). Dessa forma, a chance de encontro entre a presa e o predador deve ser o principal fator relacionado à

apreensão e ingestão do alimento, semelhante ao que foi observado por Moller (1978) para larvas de *M. rosenbergii*.

A partir do estágio V, as larvas de *M. amazonicum* se deslocam de forma mais ativa e aumenta sua habilidade de captura da presa. Essa fase coincide com o surgimento dos pleópodos e formação dos estatocistos (Guest, 1979). Os estágios seguintes (VI e VII), são marcados pelo desenvolvimento dessas estruturas e pelo elevado consumo de alimento, observado em todos os tratamentos, no presente estudo. A partir dessa fase, a relação entre a cor do tanque e a ingestão do alimento ganhou maior importância, e a cor vermelha foi mais favorável à captura, em relação às demais. Ou seja, a natação e a visão ganham maior importância na predação à medida que as larvas se desenvolvem. Um padrão similar foi observado em larvas de *M. rosenbergii*, em que a maior habilidade na captura dos náuplios de *Artemia* ocorreu a partir do IV estágio (Barros & Valenti, 2003). Entretanto, no presente estudo, quando houve predominância dos estágios VIII e IX foi observada uma queda do consumo na maioria dos tratamentos. Araújo (2005) observou que nesses estágios, larvas de *M. amazonicum*, aumentam a aceitação do alimento inerte e reduzem o consumo de náuplios de *Artemia*.

A relação entre a predação e o contraste da presa com a coloração dos tanques de cultivo está vinculada à acuidade visual das larvas. Cavalari (2006) observou para *M. rosenbergii*, que as larvas nascem com olhos compostos funcionais e, com o passar dos dias, aumentam o número de omatídeos e a visão é ampliada. Nesse mesmo estudo, o autor observou que as larvas têm estruturas de olho de aposição, que são mais adaptadas para detectar partículas do meio durante o dia. Os olhos de aposição conferem maior acuidade visual e adaptação para sobrevivência em uma zona fótica. Baseado nesses dados, obtidos em espécie filogeneticamente próxima, inferiu-se que a coloração do tanque de cultivo pode interferir no contraste com a presa, facilitando ou dificultando a captura do alimento. Essa relação entre o contraste da presa e a cor do

meio foi verificada em outros estudos, com larvas de *M. rosenbergii* e *Scylla serrata*, corroborando os nossos resultados (Lin & Omori 1993; Yashariam *et al.*, 2005; Rabbani & Zeng, 2005).

No presente estudo, as larvas de *M. amazonicum* apresentaram maior heterogeneidade de estágios zoeais a partir do 14º dia de cultivo. Nessa fase, as larvas mantidas em tanques verdes foram as que apresentaram maior taxa de ingestão de náuplios de *Artemia*. Estudos anteriores, com larvas de *M. rosenbergii*, sugerem que as cores escuras são as mais adequadas para o desenvolvimento das larvas, sendo recomendadas as cores: verde escura (Aquacop, 1977) e preta (Lin & Omori, 1993) para os tanques de cultivo. Recentemente, Yashariam *et al.* (2005) indicaram as cores vermelha e verde para o cultivo de *M. rosenbergii*. As cores indicadas por esses autores correspondem àquelas em que foram observadas as maiores taxas de ingestão de alimento pelas larvas de *M. amazonicum*.

Entretanto, as maiores taxas de sobrevivência foram obtidas nas larviculturas realizadas nos tanques pretos, seguidos dos azuis e verdes. As mais baixas sobrevivências foram registradas nos tanques vermelhos, seguidos dos amarelos e brancos. Porém, as maiores sobrevivências nem sempre corresponderam as maiores produtividades. Essas foram registradas nos tanques pretos seguidos dos verdes. Além disso, as maiores taxas de ingestão de náuplios observadas nos cultivos realizados em tanques vermelhos e verdes não condicionaram maiores produtividades. Desse modo, conclui-se que o consumo de náuplios foi influenciado pela cor, porém, os fatores de estresse podem ser importantes na redução da produtividade.

As divergências encontradas entre os presentes resultados e os obtidos por Yashariam *et al.* (2005) para larvas de *M. rosenbergii*, que recomendam as cores vermelha e verde, podem estar relacionadas com diferenças entre as espécies ou entre as tonalidades nas cores estudadas, interferindo na reflexão da luz inerente à cor. Além

disso, aqueles autores questionaram que as cores verde, transparente, marrom, cinza e laranja estariam mais próximas daquelas encontradas no ambiente natural, e que as cores azul, branca, violeta, rosa e prata raramente vão ocorrer em condições naturais. A cor azul é considerada aceitável para os tanques em larviculturas comerciais de *M. rosenbergii* (New, 2002); contudo, Yashariam *et al.* (2005) demonstraram que essa cor pode reduzir a sobrevivência. No presente estudo, as larvas cultivadas em tanques azuis apresentaram alta sobrevivência, mas houve redução da produtividade, sugerindo que essa cor condiciona atraso no ciclo larval.

Durante o cultivo, as larvas de *M. amazonicum* mantidas em tanques vermelhos apresentaram índices de condição e de estágio larval elevados, acompanhado de maior ingestão de náuplios, sugerindo que seria o tratamento mais adequado. Entretanto, foi o que apresentou as mais baixas sobrevivências e produtividades. É possível que o aumento da captura de alimento tenha sido acompanhado do aumento do canibalismo. Minagawa (1994) observou em larvas de caranguejo da espécie *Ranina ranina*, que o aumento do consumo de alimento foi acompanhado do aumento do canibalismo. Além disso, foi observado em larvas de *Scylla serrata* que o aumento do consumo do alimento condicionou maior sobrevivência e ciclos de muda mais curtos, entretanto, aumentou o número de megalopas defeituosas (Suprayudi *et al.*, 2002).

Baseado no mesmo princípio, situação inversa foi observada nos tanques pretos, ou seja, redução da ingestão do alimento vivo acompanhado da redução do canibalismo, levando ao aumento na sobrevivência. Além disso, esse resultado sugere que as larvas se encontram em condições de menor estresse e menor gasto energético. Ou seja, podem realizar os ciclos de muda com maior sucesso, com menor ingestão de alimento. No entanto, é possível, que os cultivos desenvolvidos em tanques verdes tenham apresentado um comportamento próximo ao equilíbrio entre o consumo de alimento e a sobrevivência. Talvez, o uso de uma tonalidade mais escura de verde possa condicionar

um aumento na produtividade acompanhado de um melhor aproveitamento do alimento disponível. A cor verde escura foi recomendada para o cultivo de *M. rosenbergii* (Aquacop, 1977). Pesquisas futuras para elucidar o seu efeito sobre as larvas de *M. amazonicum* devem ser realizadas. Até o momento, não existem estudos que testem o efeito direto do estresse sobre larvas de crustáceos, mas, possivelmente, a cor dos tanques pode condicionar efeito calmante ou estressante.

Os maiores pesos foram registrados nas pós-larvas provenientes dos tanques verdes e vermelhos. O aumento do peso foi relacionado ao aumento do consumo dos náuplios de *Artemia*, observado nesses tratamentos. Nos demais, a ingestão foi similar, e as diferenças de peso encontradas entre os mesmos pode ter ocorrido em função do maior consumo nos últimos dias de cultivo, como foi observado nos tanques amarelos, ou a um menor estresse, no caso dos tanques pretos. As pós-larvas provenientes dos tanques azuis e brancos apresentaram os menores pesos, mesmo com consumo de alimento similar ao observado nos tanques pretos e amarelos, sugerindo que essas cores são menos adequadas para o cultivo de *M. amazonicum*.

Em resumo, foram atribuídos às cores dos tanques cinco fatores que interferem no desenvolvimento das larvas: 1- o contraste da presa e a eficiência na captura em função a cor do meio; 2- a distribuição espacial das larvas em função da penetração da luz; 3- o estresse crônico provocado pela claridade dos tanques; 4- a demanda energética das larvas em função da adaptação à cor do meio e 5- as modificações comportamentais e alimentares decorrentes dos aspectos relacionados com os fatores citados anteriormente. Estes fatores não podem ser avaliados isoladamente, pois a interação entre os mesmos condicionou o impacto atribuído à coloração dos tanques de cultivo na larvicultura de *M. amazonicum*.

A cor do meio tem influência na taxa de ingestão de náuplios de *Artemia*, e o gasto energético, decorrente da adaptação a cores menos adequadas interfere na

produtividade das pós-larvas do camarão-da-amazônia. Estudos futuros são necessários para verificar se as tonalidades das cores podem interferir na produtividades e no bem estar das larvas. Na fase de larvicultura, a maior produtividade aumenta a viabilidade econômica do cultivo. A produtividade alcançada nos cultivos realizados em tanques pretos foi de 16 a 30% maior que os demais tratamentos, por isso, essa cor é a mais indicada para larvicultura de *M. amazonicum*.

5. REFERÊNCIAS

- Anger, K. 2001. *The biology of Decapod Crustacean Larvae*. Meppel. The Netherlands, 405p.
- Aquacop. 1977. *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN 1879) culture in Polynesia: progress in developing a mass intensive larval rearing technique in Clearwater. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 8,0311-319.
- Araújo, M. C. 2005. Efeito da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. Tese de Doutorado em Aqüicultura; Universidade Estadual Paulista. 87 p.
- Barros, H.P. & Valenti, W.C. 2003. Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 217: 223 –233.
- Bauer, R. T. 2004. *Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the Carideans*. University of Oklaroma Press, Narman. USA. 282p.
- Bialetzki, A.; Nakatani, K.; Baumgartener, G. & Bond-Buckup, G. 1997. Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) in Leopoldo's Inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Paraná river, Porto Rico, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14 (2): 379-390.
- Cavalari, V. M. H. 2006. Desenvolvimento ontogenético de estruturas sensoriais em *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN 1879) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE). Tese de Doutorado; Universidade Estadual Paulista. 105p.

- Daniels, W.D., D' Abramo, L. R. & Parseval, L. D. 1992. Design and management of a closed, recirculation "clear-water" hatchery system for freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879; *Journal Shellfish Research*. 11, 65-73.
- Fanta, E. 1995. Influence of background colour on the behaviour of the fish *Oreochromis niloticus*. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*. 384, 1237-12251.
- Ghidalia, W. 1985. Structural and Biological aspects of pigments. In: Bliss D. E. & Mantel, L.H. *The Biology of Crustacea*. Academic Press, New York, EUA. V 9. pp 301-462
- Guest, W. C. 1979. Laboratory life history of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 37 (2): 141-151.
- Ismael, D. & Moreira, G. S. 1997. Effects of temperature and salinity on respiratory rate and development of early larval stages of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae) *Compendio Biochemistry Physiology*. 118A, 3, 871-876.
- Juan, L. C. L. 1997. *El Océano Y Sus Recursos Iv. Las Ciencias Del Mar: Oceanografía Biológica*. Segunda edición (La ciencia para Todos), México, D.F
- Juarez, L. M. Holtschmit K. H. Salmeron, J. J. & Smith, K. H. 1987 The effects of chemical and visual communication, space availability, and substratum colour on the growth of juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*. 110, 285-295.
- Liñan-Cabello, M. A., Paniagua-Michel, J. & Hopkins, P. M. 2002. Bioactives roles of carotenoids and retinoids in crustaceans. *Aquaculture Nutrition*. 8: 299-309.

- Lin, X. & Omori, M. 1993. Effect of container coloration on the feeding rates of the zoal larvae of the giant freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Bulletin of Plankton Society of Japan*. Vol 40 nº1 19-25.
- Mallasen, M. & Valenti, W. 1998. Comparasion of artificial and natural new and reused, brachish water for the larviculture of the freshwater praw *Macrobracium rosenbergii* in a recirculating system. *Journal of the of the World Aquaculture Society*. 29, nº3, 345-350.
- Manzi, J. J., Madox, M. B. & Sandifer, P. A. 1977. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) larviculture. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 8: 207-223.
- Margalef, R. 1998. *Ecologia*. Ed. Omega. 951 p.
- Martin-Robichaud, D. J. & Peterson, R. H. 1998. Effects of light intensity, tank colour and photoperiod on swimbladder inflation success in larval striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 29, 539-547.
- Melo, A. G. 2003. *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil*. São Paulo. Edições Loyola. Centro Universitário São Camilo. Museu de Zoologia, USP. 430 p.
- Minagawa, M. 1994. Effects of photoperiod on survival, feeding and development of larvae of the red frog crab, *Ranina ranina*. *Aquaculture*. 120: 105-114.
- Moller, T. H. 1978. Feeding behaviour of larval and pós-larval of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) (Crustacea: Palaemonidae) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 35, p. 251-258,.

Moraes-Riodades, P.M.C. & Valenti, W.C. 2001, Freshwater Prawn Farming in Brazilian Shows Potential for economic and Social Development. *Global Aquaculture Advocate, Saint Louis*, 4(5):73-74.

Moreira, C. L. & Odinetz-Collart, O. 1993. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago de várzea da Amazônia Central, Ilha do Coreiro, Brasil. *Amazoniana*. XII(3/4). P 385-398.

New, M.B. 2002. Fresh water prawns. A manual for the culture the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *FAO Fisheries Technical Paper* (428). Rome, Italy. 212p.

Pantone®

http://www.portaldasartesgraficas.com/ficheiros/pantone_solid_to_process_coated_euro.pdf

Pettovelo, A. D. 1996. First record of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) in Argentina. *Crustaceana*, 69, 113-114.

Rabbani, A. G. & Zeng, C. 2005. Effects of tank colour on larval survival and development of mud crab *Scylla serrata* (Forskål). *Aquaculture Research*, 36, 1112-1119.

Rotllant, J., Tort, L., Montero, D., Pavlidis, M. Martinez, M., Bonga, S., E., W. & Balm, P. H. M. 2003. Background colour influence on the stress response in cultured red porgy *Pagrus pagrus*. *Aquaculture* 223, 129-139.

Suprayudi, M. A. Takeuchi, T., Hamasaki, K. & Hirokaa, J. 2002. Effect of *Artemia* feeding schedule and density on the survival and development of larval mud crab *Scylla serrata*. *Fisheries Science*. 68:1295-1303..

- Tamazouzt, L., Chatain, B., Fontaine, P. 2000. Tank wall colour and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). *Aquaculture.*, 182, 85-90.
- Tayamen, M. & Brown, J.H. 1999. A condition index for evaluating larval quality of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Aquaculture.* 30, 917-22.
- Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S. T & Vinci, B. J. 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*. Cayuga Aqua Ventures. 2 ed. 769p.
- Valenti, W.C. 1998. Carcinicultura de Água Doce. Tecnologia para a produção de camarões. IBAMA. 383 p.
- Valenti, W.C. & Daniels, W.H. 2000. Recirculation hatchery system and management. In: New, M.B. & Valenti, W.C. (Eds.), *Freshwater Prawn Culture*. Blackwell, Oxford, pp. 69-90.
- Volpato, G. L. & Barreto, R. E. 2001. Environmental blue light prevents stress in the fish Nile tilapia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research.* 34: 1041-1045.
- Weigartner, M. & Zaniboni Filho, E. 2004. Efeito de fatores abióticos na larvicultura de pintado amarelo *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803): salinidade e cor de tanque. *Acta Scientiarum. Animal Sciences.* 26, 2, 151-157.
- Yasharian, D., Coyle, S. D., Tidwell, J. H. & Stilwell, W. E. 2005. The effect of tank colouration on survival, metamorphosis rate, growth and time to metamorphosis freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) rearing. *Aquaculture Research*, 36, 278-283.

You, K., Yang H., Liu Y., Liu, S., Zhou, Y. & Zhang T. 2006. Effects of different light sources and illumination methods on growth and body color of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 252, 557– 565.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Larvas de *Macrobrachium amazonicum* aumentam a taxa de ingestão de náuplios de *Artemia* em resposta ao aumento da densidade da presa.
2. Larvas de *M. amazonicum* no estágio II são ricas em vitelo e apresentam lecitotrofia facultativa, isto é, podem ou não se alimentar. Nessa fase, as necessidades nutricionais das larvas são condicionadas pelo estado nutricional das fêmeas no período da formação dos ovos.
3. *M. amazonicum* não apresenta aumento marcante no consumo de náuplios ao longo do desenvolvimento ontogenético; há picos de ingestão de náuplios de *Artemia* nos estágios III e VI-VII.
4. O maior consumo de alimento nos estágios VI-VII pode ser uma estratégia adaptativa para acúmulo de reserva energética.
5. Larvas de *M. amazonicum* se alimentam durante o dia e à noite, entretanto, a maior atividade alimentar ocorre no período diurno.
6. No período diurno a captura dos náuplios ocorre ativamente, e é beneficiada pelo aumento da atividade natatória e acuidade visual, facilitando a predação.
7. No período noturno a chance de encontro é o principal fator condicionante da captura. As larvas ingerem mais náuplios de *Artemia* quando estão em meio com maiores densidades de alimento. Portanto, é preferível ofertar os náuplios em uma única dose, no período diurno.

8. O consumo dos náuplios de *Artemia* pelas larvas, ao longo do desenvolvimento ontogenético, apresenta três fases: 1- fase de baixa ingestão relacionada a presença de reservas do vitelo (lecitotrofia primária facultativa); 2- fase de consumo crescente, e principalmente diurno, que coincide com mudanças rápidas de estágio e ampliação da capacidade de deslocamento das larvas, 3- fase de consumo estável e igualmente distribuído nos períodos diurno e noturno.
9. O platô observado no consumo de náuplios de *Artemia* nos estágios VIII e IX pode ser decorrente da complementação nutricional pela ingestão da dieta inerte e pelo aumento da preferência por esse alimento pelas larvas.
10. Nos últimos dias de cultivo é recomendado aumento da freqüência de oferta da dieta inerte no período diurno.
11. As larvas apresentam ritmo circadiano em relação à alimentação e ao ciclo de muda.
12. A *Artemia* é um alimento essencial para o desenvolvimento das larvas de *M. amazonicum*, e a sua substituição total por dieta inerte (creme de ovos) nos estágios V e VII reduz a sobrevivência, a produtividade e o peso das pós-larvas.
13. As larvas ingerem grande quantidade de alimento inerte quando é suspenso o fornecimento de náuplios de *Artemia*, entretanto, a redução do peso e da sobrevivência sugerem que a dieta inerte ofertada as larvas aparentemente está sendo pouco assimilada; são necessários estudos para aumentar a sua digestibilidade e assimilação.
14. A baixa assimilação da dieta inerte foi demonstrada pela redução do peso seco e das reservas lipídicas observadas no hepatopâncreas.

15. As larvas apresentam um aumento de consumo de náuplios nos estágios VI e VII. Isto sugere que estão na fase de acúmulo de reserva energética para a metamorfose. Neste caso, seriam menos vulneráveis nutricionalmente a partir do estágio VIII.
16. É necessário determinar para larvas de *M. amazonicum*, o ponto de saturação de reserva, a produção de enzimas ao longo do desenvolvimento ontogenético, a acuidade visual e o comportamento alimentar.
17. Larvas ingerem muito bem a dieta inerte desde o estágio V. Portanto, a atratividade e a palatabilidade desta devem ser adequadas. A baixa sobrevivência e menor ganho de peso condicionados pela substituição da *Artemia* pela dieta inerte devem ser decorrentes da baixa assimilação dos nutrientes disponíveis.
18. A cor dos tanques de cultivo interfere na ingestão dos náuplios de *Artemia*, e os maiores consumos são observados nas larvas cultivadas nos tanques vermelhos e verdes.
19. O maior consumo do alimento nos tanques vermelhos e verdes não promoveram as maiores produtividades em relação aos demais. Isto pode estar relacionado ao aumento do canibalismo, ou outro fator de estresse.
20. Há correlação negativa entre a quantidade de luz que incide sobre os tanques de cultivo e a sobrevivência, sugerindo que luz em excesso é um fator de estresse para larvas de *M. amazonicum*.
21. Houve mudança no padrão dos cromatóforos das larvas mantidas em diferentes cores de tanques. Essa adaptação pode promover aumento no gasto energético das larvas, o que pode ter prolongado a fase larval e contribuído para a redução da produtividade em pós-larvas.

22. A cor preta foi a que condicionou maior sobrevivência e produtividade, acompanhado de menor consumo de náuplios de *Artemia*, sendo recomendada para larvicultura de *M. amazonicum*.