



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

João Rodolfo Matias da Cunha Costa

**A DIVERSIFICAÇÃO DA DIETA NA LARVICULTURA DO CAMARÃO  
ORNAMENTAL *Thor amboinensis* (de Man, 1888) MELHORA A SOBREVIVÊNCIA  
E O DESENVOLVIMENTO LARVAL**

Florianópolis

2021

João Rodolfo Matias da Cunha Costa

**A DIVERSIFICAÇÃO DA DIETA NA LARVICULTURA DO CAMARÃO  
ORNAMENTAL *Thor amboinensis* (de Man, 1888) MELHORA A SOBREVIVÊNCIA  
E O DESENVOLVIMENTO LARVAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação  
em Aquicultura da Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do título de Mestre em  
Aquicultura.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Mônica Yumi Tsuzuki

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Costa, João Rodolfo Matias da Cunha

A diversificação da dieta na larvicultura do camarão ornamental *Thor amboinensis* (de Man, 1888) melhora a sobrevivência e o desenvolvimento larval / João Rodolfo Matias da Cunha Costa ; orientadora, Mônica Yumi Tsuzuki, 2022.

36 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. *Thor amboinensis*. 3. Nutrição larval. 4. Camarão ornamental. I. Tsuzuki, Mônica Yumi . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. III. Título.

João Rodolfo Matias da Cunha Costa

**A diversificação da dieta na larvicultura do camarão ornamental *Thor amboinensis* (de Man, 1888) melhora a sobrevivência e o desenvolvimento larval**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Mônica Yumi Tsuzuki, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Maik dos Santos Cividanes da Hora, Dr.  
Universidade Federal do Espírito Santo

Ricardo Calado, Dr.  
Universidade de Aveiro

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura

---

Profa. Mônica Yumi Tsuzuki, Dra.  
Orientadora

Florianópolis, 2022.

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais Sônia e Heraldo.

## AGRADECIMENTOS

Meu eterno agradecimento aos meus pais, Sonia Matias da Cunha Costa e Heraldo Hercílio Costa, por todo o amor e suporte incondicionais, durante toda minha vida. Por apoiarem todas as minhas escolhas e me incentivarem a todo momento e se esforçarem ao máximo para que eu pudesse sempre ter as melhores oportunidades. Tudo o que eu sou hoje, e ainda serei, eu devo a vocês. Sou imensamente agradecido e abençoado por ter vocês ao meu lado, amo-os demais!

Meu agradecimento ao Centro de Pesquisas e Extensão Agrária Virginia Tech Seafood AREC, por me receber de braços abertos e por todo o conhecimento adquirido durante o tempo que passei aí. Foi um prazer e uma honra enorme participar dessa equipe incrível.

Ao Dr. Steve Urick e ao Dr. Michael H. Schwarz, pela incrível oportunidade a mim concedida, por todo o conhecimento repassado, pela confiança e apoio incondicionais, o meu muito obrigado!

Um agradecimento especial ao meu colega Samuel Ratcliff, pelo companheirismo, dedicação, amizade e compaixão comigo durante o tempo em que trabalhamos juntos, obrigado!

A minha orientadora Dra Mônica Yumi Tsuzuki, pela orientação, pelo conhecimento, pela confiança em mim depositada, por todo incentivo, apoio e força concedidos, o meu muito obrigado!

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

O camarão-corcunda *Thor amboinensis* é uma espécie altamente popular no mercado de animais ornamentais marinhos, embora seja pouco estudada e as informações sobre técnicas de cultivo sejam escassas, principalmente em relação a nutrição das larvas. Este estudo avaliou a influência da diversificação da dieta, por meio de diferentes combinações de presas vivas na sobrevivência e no desenvolvimento das larvas do camarão ornamental *T. amboinensis*. Foram realizados três experimentos, avaliando: 1- O efeito de cinco dietas mono-específicas: Meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos, rotíferos enriquecidos, copepoditos *Apocyclops panamensis*, microalga *Thalassiosira pseudonana* e *Isochrysis* sp., como únicas fontes alimentares durante 25 dias; 2- A influência de duas dietas poliespecíficas: Rotíferos enriquecidos e *T. pseudonana*, rotíferos enriquecidos e *Isochrysis* sp., e apenas rotíferos enriquecidos durante 25 dias; 3- A influência da inclusão de meta-náuplios enriquecidos de *Artemia* na taxa de assentamento durante a etapa final da larvicultura durante 7 dias. Larvas alimentadas com rotíferos enriquecidos apresentaram melhores taxas de sobrevivência ( $48,1 \pm 9,2$  %) e assentamento ( $7,6 \pm 4,8$  %). Quando alimentadas com uma combinação de rotíferos enriquecidos e *T. pseudonana*,  $81,4 \pm 9,2$  % das larvas sobreviveram e  $14 \pm 8,9$  % assentaram após 25 dias. A co-alimentação com meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos durante o estágio larval final por 7 dias promoveu uma taxa de assentamento significativamente maior ( $59,2 \pm 19,2$  %) ( $P > 0.05$ ). Perante os resultados obtidos, conclui-se que a diversificação da dieta foi capaz de aumentar a sobrevivência e encurtar a duração larval do camarão *T. amboinensis* de forma significativa.

**Palavras-chave:** Aquicultura; *Thor amboinensis*; Nutrição larval; Camarão ornamental.

## ABSTRACT

The sexy dancer shrimp *Thor amboinensis* is widely popular in the marine ornamentals trade, yet the species has been poorly studied and information regarding culture techniques are scarce. Three feeding trials were conducted to evaluate the influence of live diets diversification, through different combinations of live preys on the survival and development of the *T. amboinensis* shrimp larvae. The first trial consisted of five monospecific diets: microalgae *Thalassiosira pseudonana*; *Isochrysis* sp.; Enriched *Artemia* meta-nauplii; Enriched rotifers *Brachionus rotundiformis*; And copepodites *Apocyclops panamensis* as only the food source and one group let to starve, with no food source provided, for 25 days. The second trial consisted of two mixed diets: Enriched rotifers *B. rotundiformis* and *T. pseudonana*; Enriched rotifers *B. rotundiformis* and *Isochrysis* sp.; and one group fed only enriched rotifers as control, for 25 days. The third trial assessed the effect of the inclusion of enriched *Artemia* meta-nauplii on the settlement rate during the final stage of larviculture, for 7 days. Larvae fed with enriched rotifers showed better survival ( $48.15 \pm 9.26\%$ ) and settlement ( $7.69 \pm 4.81\%$ ) rates. When fed with a combination of enriched rotifers and *T. pseudonana*,  $81.48 \pm 9.26\%$  of the larvae survived and  $14.08 \pm 8.99\%$  settled after 25 days. Co-feeding enriched *Artemia* meta-nauplii for late larval stages for 7 days promoted a significant greater settlement rate ( $59.25 \pm 19.2\%$ ). Therefore, the diversification of live diet was able to significantly increase survival and shorten the larval phase of the *T. amboinensis*.

**Keywords:** Aquaculture; *Thor amboinensis*; Ornamental shrimp; Larval nutrition.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
1.1	PANORAMA MUNDIAL DA AQUICULTURA ORNAMENTAL E A NECESSIDADE POR ESPÉCIMES CULTIVADOS .....	9
1.2	OS CAMARÕES ORNAMENTAIS MARINHOS.....	10
1.2.1	O camarão-corcunda <i>Thor amboinensis</i> e o seu ciclo reprodutivo.....	11
1.3	O CULTIVO DE CAMARÕES ORNAMENTAIS MARINHOS .....	13
1.4	OBJETIVOS .....	16
1.4.1	Objetivo Geral.....	16
1.4.2	Objetivos Específicos.....	17
<b>2</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>	<b>18</b>
2.1	INTRODUÇÃO .....	19
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	21
2.2.1	Manutenção dos reprodutores e coleta das larvas.....	21
2.2.2	Ensaio I: Efeito de diferentes dietas monoespecíficas .....	21
2.2.3	Ensaio II: Efeito de diferentes dietas mistas .....	22
2.2.4	Ensaio III: Efeito da inclusão de meta-náuplios de <i>Artemia</i> enriquecidos na dieta durante o estágio final da larvicultura sobre taxas de assentamento.....	22
2.2.5	Procedimentos de alimentação, manutenção da qualidade da água e parâmetros avaliados durante os ensaios .....	23
2.2.6	Análise de dados estatísticos.....	24
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
2.4	CONCLUSÃO .....	30
	REFERÊNCIAS.....	30
	<b>REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 PANORAMA MUNDIAL DA AQUICULTURA ORNAMENTAL MARINHA E A NECESSIDADE POR ESPÉCIMES CULTIVADOS

A manutenção de animais marinhos ornamentais é, atualmente, uma prática extremamente popular. Acredita-se que cerca de 2 milhões de pessoas em todo o mundo possuam aquários marinhos em suas residências (Rhyne et al., 2017a). Isso está relacionado ao fato de que, nas últimas décadas, grandes avanços tecnológicos na filtragem e manutenção da qualidade de água permitiram a manutenção e o cultivo de uma maior variedade de organismos marinhos, aumentando ainda mais a popularidade dos aquários marinhos ao redor do mundo (Rhyne et al., 2017a).

Segundo Wabnitz et al. (2003), a indústria de animais ornamentais marinhos engloba mais de 125 países e envolve a comercialização de mais de 2.300 espécies de peixes e invertebrados. O Brasil foi considerado um grande exportador de organismos ornamentais marinhos, e já esteve entre os dez primeiros no *ranking* mundial de exportadores (Wood, 2001). Entre 2008 e 2011, só para os EUA, o Brasil exportou mais de 14.000 peixes ornamentais marinhos, de 87 espécies diferentes (Rhyne et al., 2017a).

Apesar dos peixes ainda dominarem o mercado de ornamentais, nas últimas décadas, o interesse por aquários menores e mais complexos, que recriam recifes de corais em miniatura, chamados de “nano reefs” tem crescido amplamente, enquanto sistemas onde apenas peixes são mantidos, tem perdido sua popularidade na mesma proporção (Da Rocha, 2017). Com isso, aumentou significativamente a demanda de diversas espécies de invertebrados marinhos associados a recifes de corais, incluindo anêmonas, crustáceos, equinodermos, entre outros, além dos próprios corais (Palmtag, 2017).

Em todo o mundo, existe uma grande preocupação entre biólogos, cientistas e aquaristas em relação a sustentabilidade a longo prazo da indústria de animais marinhos ornamentais. O rápido crescimento do setor nas últimas décadas dificultou a implementação de ações governamentais de gestão (Schlüter et al., 2019).

Todos os anos, milhões de animais são capturados e removidos dos recifes de corais ao redor do mundo para satisfazer a crescente demanda do mercado, que ainda depende quase que exclusivamente da extração (Rhyne et al., 2012). Esta exploração indiscriminada dos recifes de corais pode contribuir significativamente para a perda de biodiversidade, depleção de populações naturais e promover ainda um desequilíbrio ecológico local, por meio da

captura de espécies-chave, que desempenham importantes serviços ecossistêmicos naquele local (ex. herbívoros que controlam populações de algas). Além disso, pode ocorrer a remoção de indivíduos prematuros das populações selvagens e danos físicos aos corais durante as capturas (Wabnitz et al., 2003; Rhyne et al., 2017b). Uma alta porcentagem dos animais capturados ainda acaba morrendo durante a captura devido ao trauma, manejo inadequado e estresse durante o longo período de transporte (Biondo, 2017).

Apesar de muitos avanços nas últimas décadas, atualmente, menos de 15% das espécies ornamentais marinhas tem sido cultivadas com sucesso em cativeiro a uma escala comercial, representando menos de 1% dos animais disponíveis no mercado (Rhyne et al., 2017b). O desenvolvimento da aquicultura de animais marinhos ornamentais desempenha um papel fundamental na sustentabilidade a longo prazo da indústria da aquariolifilia, reduzindo a pressão sobre as populações selvagens, além de ser uma atividade altamente lucrativa (Calado, 2008).

## 1.2 OS CAMARÕES ORNAMENTAIS MARINHOS

Os camarões carídeos estão entre os invertebrados mais populares e desejados do mercado de ornamentais marinhos devido a sua natureza delicada, exibindo normalmente coloração intensa e vibrante, e aparência peculiar (Figura 1). A maioria ainda apresenta comportamentos simbióticos com anêmonas, corais, moluscos ou peixes, além de serem considerados, em sua maioria como “reef safe”, ou seja, não agridem outros organismos comumente mantidos em aquários marinhos (Calado et al., 2017). Algumas espécies ainda podem ser usadas como controle biológico de pragas comuns em aquários (Rhyne et al., 2004).

Os camarões-limpadores são um grupo dentro do gênero *Lysmata*, comumente observados “limpando” peixes, tanto em recifes de corais como em aquários (Calado et al., 2017). Os camarões-limpadores *Lysmata amboinensis* são considerados o carro-chefe do mercado de camarões ornamentais marinhos.

Algumas espécies de camarões ornamentais costumam viver em associações com algumas espécies de anêmonas do mar, o que os torna muito populares entre os aquaristas. Os principais exemplos são os camarões-de-anêmona *Periclimenes* sp. e o camarão-corcunda *Thor amboinensis* (Kham et al., 2004; Briones-Fourzán, et al., 2012).

Figura 1 Espécies populares de camarões ornamentais. 1, camarão-limpador *Lysmataamboinensis*; 2, camarão-boxeador-dourado *Stenopuscutellatus*; 3, Camarão-fogo *L.debelius*; 4, Camarão-boxeador-palhaço *S.hispidus*; 5, camarão-corcunda *Thoramboinensis*.



### 1.2.1 O camarão-corcunda *Thoramboinensis* e o seu ciclo reprodutivo

O camarão-corcunda *Thoramboinensis* (Decapoda: Caridea: Hippolytidae), conhecido mundialmente como “Sexy dancer shrimp”, é um dos menores camarões marinhos mantidos em aquários, medindo entre 13 e 30 mm de comprimento total na fase adulta. A espécie é muito popular entre aquaristas do mundo todo, principalmente devido a sua coloração brilhante, movimentos corporais incomuns e comportamento simbiótico com várias espécies de anêmonas e corais (Guo et al., 1996; Khan et al., 2004).

Este camarão carídeo é uma espécie circumtropical, com ocorrência inclusive no Brasil, no arquipélago da Trindade (Tavares et al., 2017) e costuma habitar águas rasas (0,5-

2,8m), geralmente encontrado em grupos, associados a anêmonas e outros invertebrados sésseis (Baeza e Piantoni, 2010).

Ao contrário da grande maioria das espécies de camarões ornamentais marinhos, *T. amboinensis* apresenta um dimorfismo sexual visível (Figura 2).

Figura 2. Dimorfismo sexual entre espécimes adultos do camarão sexy dancer *Thor amboinensis*, com diferenças visuais na coloração, tamanho e forma do corpo.



A espécie apresenta um sistema sexual de hermafroditismo protândrico, onde os indivíduos iniciam a vida como macho, podendo se tornar fêmea mais tarde na vida dependendo das condições ambientais (Baeza e Piantoni, 2010). O camarão-corcunda se reproduz de forma contínua durante o ano todo. A incubação dos ovos dura em torno de 14 dias (Sarver, 1979), sendo que os mesmos permanecem aderidos aos pleópodes da fêmea e podem ser facilmente observados. A cópula ocorre sempre após a muda, enquanto a fêmea ainda carrega os ovos em desenvolvimento no seu abdômen, seu ovário já está em processo de maturação (Calado, 2008). Após a liberação das larvas, a fêmea sofre uma muda e então já está novamente receptiva para a cópula, que ocorre logo em seguida, iniciando um novo ciclo reprodutivo (Bauer, 2004; Calado, 2008).

A fecundidade em camarões das infra-ordens Caridea e Stenopodidea (Fletcher et al. 1995; Calado et al. 2008a) é considerada baixa se comparada com a dos camarões peneídeos (Sunden e Davis 1991; Courtney et al. 1995), devido possivelmente ao maior gasto energético durante a incubação dos ovos (Tiziouveli, 2011) e sobretudo por investirem mais energia ao produzirem um embrião que dará origem a uma larva mais desenvolvida: uma zoea e não um náuplio. Alguns fatores podem influenciar significativamente a fecundidade, como o tamanho dos reprodutores, a sua dieta, e também fatores ambientais (Calado et al., 2008a).

A eclosão dos ovos ocorre normalmente a noite. Os ovos eclodem como larvas planctônicas já bem desenvolvidas, conhecidas como zoeas, e são adaptadas para a vida no

ambiente pelágico até atingir a fase megalopa ou “pós-larva”, onde ocorre a transição do habitat pelágico para o bentônico (Calado et al., 2004).

Assim como uma grande parte dos crustáceos decápodes, acredita-se que as larvas de camarões marinhos ornamentais mostrem algumas características lecitotróficas, ou seja, nascem possuindo reservas energéticas endógenas de origem parental, como uma adaptação a baixa quantidade, ou até mesmo falta de alimento durante as primeiras horas de vida (Anger, 2001; Cunha et al., 2008). Durante a fase de zoea, as larvas passam por sucessivos estágios de desenvolvimento, onde ocorrem uma série de mudanças na sua morfologia funcional, seguidas por transições comportamentais sobrepostas (Anger, 2001). Oito estágios de zoea e um decapodito completam a fase larval da espécie. O assentamento ocorre a partir dos 28 dias de vida (Bartilotti et al., 2016). A duração da fase larval pode variar significativamente de acordo com fatores genéticos, nutricionais e ambientais (Calado, 2008; Tziouveli, 2011).

Um longo período larval pode ser considerado como uma estratégia de dispersão larval em algumas espécies, mas também se dá pelo fato das larvas conseguirem retardar o seu desenvolvimento quando expostas a condições desfavoráveis (Calado, 2008). Este comportamento é conhecido com “mark-time moulting”, onde pode ocorrer a adição de estágios larvais intermediários, ou seja, a inserção de estágios de desenvolvimento que não ocorreriam normalmente para a espécie, resultando em algumas poucas mudanças morfológicas que apenas distinguem a larva dos estágios anterior e sucessor (Gore, 1985; Calado et al., 2001). Este processo pode perdurar por longos períodos de tempo, onde a larva gasta sua energia apenas para sua manutenção, e pode resultar, ou na retomada do desenvolvimento normal com a melhora das condições ambientais, ou na morte da mesma (Calado, 2008).

### 1.3 O CULTIVO DE CAMARÕES ORNAMENTAIS MARINHOS

Atualmente, nenhuma das espécies mais populares de camarões ornamentais marinhos é cultivada em escala comercial (Calado et al., 2017). A falta de conhecimento sobre a biologia destes animais gera muitos gargalos para seu cultivo, principalmente na fase larval.

Devido a sua grande popularidade e o alto valor de mercado, nas últimas décadas vem crescido os esforços para compreender melhor o ciclo de vida das espécies de camarões ornamentais marinhos, como também desenvolver técnicas que viabilizem a sua produção em cativeiro, a fim de minimizar a pressão ambiental nos recifes de corais causada pela extração excessiva destes (Calado et al., 2008b). Os camarões marinhos selvagens ainda possuem uma

baixa adaptabilidade ao confinamento, havendo uma alta mortalidade durante a sua aclimatação (Wabnitz et al., 2003).

No entanto, para que a produção comercial em cativeiro seja viável, o ciclo de vida das espécies precisa ser fechado de forma consistente em cativeiro, incluindo o cultivo intensivo bem-sucedido das larvas até a fase juvenil, a manutenção destes juvenis até a fase adulta, e por fim a reprodução de animais produzidos em cativeiro (Tziouveli, 2011).

Oferecer condições ambientais ótimas para os camarões é essencial para promover a reprodução. Os reprodutores são geralmente separados em pares, mantidos em sistemas de recirculação com um eficiente sistema de filtragem e renovação de água e, normalmente são utilizados aquários de vidro ou acrílico a fim de facilitar a observação dos animais (Calado, 2008).

Atualmente, o maior gargalo da produção destes camarões em cativeiro está na larvicultura. Longas fases larvais, acompanhadas por períodos de alta mortalidade, principalmente nos estágios iniciais geram um grande impasse para a viabilidade da produção comercial (Calado et al., 2017). O cultivo bem-sucedido em escala comercial só será alcançado se um encurtamento da fase larval, juntamente com uma maior taxa de sobrevivência até a fase juvenil, sejam alcançados.

Muitos fatores influenciam a sobrevivência e desenvolvimento durante a larvicultura, como a genética, a densidade de estocagem, a qualidade da água, a temperatura, o tipo de sistema empregado, a nutrição das larvas, entre outros (Zhang e Lin, 1998; Calado, 2008a).

A densidade larval está diretamente relacionada com a saúde das larvas. Em estudos anteriores com camarões do gênero *Lysemata*, menores densidades, em torno de 10 larvas por litro, apresentaram melhores taxas de sobrevivência (Calado *et al.*, 2005; Calado *et al.*, 2008b; Cunha *et al.*, 2008; Tziouveli, 2011). A nutrição durante a fase larval tem um papel crucial no desenvolvimento e na sobrevivência das larvas. Os ácidos graxos essenciais desenvolvem um papel crucial na cadeia alimentar marinha (Anger, 2001). Segundo Anger (2001), os crustáceos são conhecidos por não serem capazes de sintetizar de maneira eficiente certos ácidos graxos, como esteróis, fosfolípidios e ácidos graxos insaturados (HUFAs), havendo a necessidade de obtê-los através da alimentação.

No ambiente natural, o plâncton é a principal fonte de alimento das larvas, onde são expostas a uma grande diversidade de possíveis fontes alimentares, como bactérias, detritos, microalgas, protozoários, além de uma grande variedade de zooplâncton, que satisfazem naturalmente todas suas necessidades nutricionais durante todos os estágios larvais (Anger,

2001; Calado, 2008). Para as larvas de camarões decápodes, ainda ocorre normalmente uma transição de preferência alimentar durante os estágios larvais, onde no início existe uma preferência maior por presas menores e, ao longo do seu desenvolvimento, por presas maiores, porém as larvas podem continuar a consumir pequenas presas se estas ainda estiverem a sua disposição (Calado, 2008; Tziouveli, 2011).

Já em cativeiro, a base da alimentação das larvas constitui o fornecimento de alimentos vivos específicos e limitados, que diferem em tamanho, forma, comportamento, composição bioquímica e valor nutricional, podendo ser ocasionalmente suplementados com alimentos congelados, especialmente durante os últimos estágios larvais (Calado et al., 2008b; Tziouveli, 2011).

*Artemia* sp., é um pequeno crustáceo que costuma ser encontrado em lagos salinos e hiper-salinos ao redor do mundo (Lavens e Sorgeloos, 1996). Apesar de não ser um alimento natural de organismos aquáticos marinhos e possuir um baixo valor nutricional para alguns organismos, é atualmente o alimento vivo mais utilizado na larvicultura de camarões ornamentais, devido principalmente a sua facilidade de aquisição, estocagem, uso e enriquecimento (Cunha et al., 2008; Calado, 2008; Calado et al., 2008b; Tziouveli, 2011). Durante as primeiras horas de vida, os náuplios possuem reservas vitelínicas que lhes conferem um valor nutricional superior aos metanáuplios, que iniciam alimentação exógena. No entanto, os metanáuplios podem ser enriquecidos com microalgas ou emulsões comerciais, aumentando significativamente seu valor nutricional, principalmente o teor de ácidos graxos altamente insaturados (HUFAs) (Sorgeloos et al., 2001).

Rotíferos marinhos *Brachionus* sp. são largamente utilizados como primeiro alimento vivo de larvas de peixes e invertebrados marinhos devido seu tamanho reduzido (Fletcher et al., 1995; Cunha et al., 2008). Apesar de possuírem uma concentração relativamente maior de ácidos docosahexanóicos (DHAs) em relação a *Artemia*, ainda não apresentam naturalmente um perfil nutricional adequado, que precisa na maioria das vezes ser manipulado antes do seu fornecimento às larvas (Faulk e Hoult, 2005). Os rotíferos podem ser facilmente enriquecidos através da suplementação com microalgas ou produtos comerciais, a fim de elevar seus níveis de vitaminas, minerais, ácidos eicosapentanóicos (EPAs) e DHAs, devido sua facilidade em incorporar ácidos graxos essenciais e nutrientes em poucas horas (Fernández-Reiriz et al., 1993).

O fitoplâncton é a base da cadeia alimentar aquática e desempenha um papel fundamental na aquicultura de moluscos, camarões e peixes. As microalgas são uma das

principais fontes alimentares de larvas de crustáceos decápodes em geral, devido principalmente sua composição bioquímica, rica em HUFAs, e a sua capacidade de sintetizar ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) (Anger, 2001; Strøttrup e McEvoy, 2003). Larvas de camarões *Caridea* e *Stenopodidea* são consideradas primariamente carnívoras, pois possuem uma habilidade limitada de filtrar partículas menores como microalgas (Anger, 2001; Le Vay et al., 2001). No entanto, estudos recentes com camarões do gênero *Lysmata* mostraram que as larvas recém-eclodidas são capazes de capturar e consumir fitoplâncton de alguma forma, implicando em uma maior taxa de sobrevivência (Simoes et. al, 2002; Cunha et al., 2008). A suplementação de microalgas em tanques de larvicultura pode ser benéfica e vantajosa para a sobrevivência e o desenvolvimento das larvas, principalmente nos primeiros estágios larvais onde as larvas são mais susceptíveis a estresses alimentares, podendo em alguns casos promover um estímulo da produção de enzimas digestivas e colonização do trato digestivo (Cunha et al., 2008). As microalgas ainda podem melhorar ou prolongar a qualidade nutricional de outros itens alimentares como rotíferos (Whyte e Nagata, 1990; Jeeja et al., 2011).

O desenvolvimento de uma dieta adequada e variada para a fase larval certamente é fundamental para o sucesso da larvicultura de camarões ornamentais marinhos (Calado et al., 2008b). Até o momento, apenas o camarão-bailarino *L. seticaudata* possui uma produção em escala comercial significativa em todo mundo (Calado et al., 2017). Avanços na aquicultura de camarões ornamentais são relativamente recentes e escassos, e a atividade ainda possui um longo caminho até atingir a produção bem-sucedida em cativeiro das espécies mais populares e para que isso seja possível, muitos estudos, principalmente direcionados a larvicultura devem ser realizados. Um grande número de trabalhos foram feitos na década de 1990 e início dos anos 2000, reduzindo consideravelmente na última década.

A produção em cativeiro de camarões ornamentais marinhos é de extrema importância para o mercado de ornamentais marinhos, pelo grande interesse do mercado da aquariofilia e elevados preços que os espécimens atingem, e pode sofrer uma maior pressão no futuro devido ao declínio das populações naturais.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes dietas vivas na sobrevivência e no desenvolvimento das larvas do camarão *Thor amboinensis* em laboratório.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Examinar o efeito de cinco dietas vivas mono-específicas, tendo como base três espécies de zooplâncton (meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos, rotíferos *Brachionus rotundiformis* enriquecidos e copepoditos de *Apocyclops panamensis*) e duas espécies de fitoplâncton (*Thalassiosira pseudonana*, *Isochrysis galbana*), como única fonte alimentar durante um período de 25 dias de larvicultura;
- Avaliar a influência de três dietas poli-específicas, tendo como base três combinações diferentes de zooplâncton e fitoplâncton (rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos + *T. Pseudonana*; rotíferos enriquecidos + *I. galbana*; rotíferos enriquecidos + *Pavlova* sp.) durante um período de 25 dias de larvicultura;
- Avaliar a influência da inclusão de meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos na dieta sobre a taxa de metamorfose durante a última etapa da fase larval.

## ARTIGO CIENTÍFICO

### A DIVERSIFICAÇÃO DA DIETA NA LARVICULTURA DO CAMARÃO ORNAMENTAL *Thor amboinensis* (DE MAN, 1888) MELHORA A SOBREVIVÊNCIA E O DESENVOLVIMENTO LARVAL

João Rodolfo Matias da Cunha Costa<sup>a, \*</sup>, Samuel Ratcliff<sup>a</sup>, Mônica Yumi Tsuzuki<sup>b</sup>,  
Michael Hans Schwarz<sup>b</sup>

a - Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center, 102 South King St,  
Hampton, VA 23669 USA

b – Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia  
Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina - CEP 88034-001, Brazil

\* Autor correspondente. Endereço postal: 20 Servidão dos Coroas, Barra da Lagoa,  
Florianópolis SC 880-61600 Brazil. Tel.: +55-48-920006193. E-mail: [joaormcc@hotmail.com](mailto:joaormcc@hotmail.com)

## RESUMO

O camarão-corcunda *Thor amboinensis* é uma espécie altamente popular no mercado de animais ornamentais marinhos, embora seja pouco estudada e as informações sobre técnicas de cultivo sejam escassas, principalmente em relação a nutrição das larvas. Este estudo avaliou a influência da diversificação da dieta, por meio de diferentes combinações de presas vivas na sobrevivência e no desenvolvimento das larvas do camarão ornamental *T. amboinensis*. Foram realizados três experimentos, avaliando: 1- O efeito de cinco dietas mono-específicas: Meta-núplios de *Artemia* enriquecidos, rotíferos enriquecidos, copepoditos *Apocyclops panamensis*, microalga *Thalassiosira pseudonana* e *Isochrysis* sp., como únicas fontes alimentares durante 25 dias; 2- A influência de duas dietas poliespecíficas: Rotíferos enriquecidos e *T. pseudonana*, rotíferos enriquecidos e *Isochrysis* sp., e apenas rotíferos enriquecidos durante 25 dias; 3- A influência da inclusão de meta-núplios enriquecidos de *Artemia* na taxa de assentamento durante a etapa final da larvicultura durante 7 dias. Larvas alimentadas com rotíferos enriquecidos apresentaram melhores taxas de sobrevivência ( $48,1 \pm 9,2$  %) e assentamento ( $7,6 \pm 4,8$  %). Quando alimentadas com uma combinação de rotíferos enriquecidos e *T. pseudonana*,  $81,4 \pm 9,2$  % das larvas sobreviveram e  $14 \pm 8,9$  % assentaram após 25 dias. A co-alimentação com meta-núplios de *Artemia* enriquecidos durante o estágio larval final por 7 dias promoveu uma taxa de assentamento significativamente maior ( $59,2 \pm 19,2$  %) ( $P > 0.05$ ). Perante os resultados obtidos, conclui-se que a diversificação da dieta foi capaz de aumentar a sobrevivência e encurtar a duração larval do camarão *T. amboinensis* de forma significativa.

**Palavras-chave:** *Thor amboinensis*; Nutrição larval; Camarão ornamental

## ABSTRACT

The sexy dancer shrimp *Thor amboinensis* is widely popular in the marine ornamentals trade, yet the species has been poorly studied and information regarding culture techniques are scarce. Three feeding trials were conducted to evaluate the influence of live diets diversification, through different combinations of live preys on the survival and development of the *T. amboinensis* shrimp larvae. The first trial consisted of five monospecific diets: microalgae *Thalassiosira pseudonana*; *Isochrysis* sp.; Enriched *Artemia* meta-nauplii; Enriched rotifers *Brachionus rotundiformis*; And copepodites *Apocyclops panamensis* as only the food source and one group let to starve, with no food source provided, for 25 days. The second trial consisted of two mixed diets: Enriched rotifers *B. rotundiformis* and *T. pseudonana*; Enriched rotifers *B. rotundiformis* and *Isochrysis* sp.; and one group fed only enriched rotifers as control, for 25 days. The third trial assessed the effect of the inclusion of enriched *Artemia* meta-nauplii on the settlement rate during the final stage of larviculture, for 7 days. Larvae fed with enriched rotifers showed better survival ( $48.15 \pm 9.26\%$ ) and settlement ( $7.69 \pm 4.81\%$ ) rates. When fed with a combination of enriched rotifers and *T. pseudonana*,  $81.48 \pm 9.26\%$  of the larvae survived and  $14.08 \pm 8.99\%$  settled after 25 days. Co-feeding enriched *Artemia* meta-nauplii for late larval stages for 7 days promoted a significant greater settlement rate ( $59.25 \pm 19.2\%$ ). Therefore, the diversification of live diet was able to significantly increase survival and shorten the larval phase of the *T. amboinensis*.

**Keywords:** *Thor amboinensis*; Ornamental shrimp; Larval nutrition

## 2.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a expansão do comércio de animais ornamentais marinhos teve um grande impacto nas populações selvagens nos recifes de corais ao redor do mundo (Palmtag, 2017). Ao contrário das espécies de água doce, a grande maioria de todos os organismos ornamentais marinhos comercializados ainda é coletada da natureza (Wabnitz et al., 2003). A falta de conhecimento científico sobre o ciclo de vida da maioria das espécies comercializadas constitui o grande gargalo para a aquicultura ornamental marinha em escala comercial (Calado et al., 2003). Peixes e corais são as principais espécies-alvo da indústria, embora que, nos últimos anos, outros grupos tenham mostrado um crescimento significativo de popularidade, especialmente anêmonas do mar e camarões decápodes (Wabnitz et al., 2003). Segundo Rhyne et al. (2017), os camarões ornamentais estão entre os grupos de invertebrados marinhos mais intensamente coletados da natureza.

O camarão carídeo *Thor amboinensis* (De man, 1888), comumente conhecido como sexy dancer shrimp, é uma espécie ornamental muito popular entre os aquaristas, principalmente devido aos seus movimentos corporais distintos, coloração intensa e brilhante, e comportamento simbiótico com várias espécies de anêmonas e corais (Guo et al., 1996; Khan et al., 2004). Apesar de sua grande popularidade e bom valor de mercado, o *T.*

*amboinensis* tem sido pouco estudado nas últimas décadas, e as informações sobre técnicas de larvicultura são escassas.

A produção comercial de camarões ornamentais marinhos ainda não é comercialmente expressiva principalmente devido a longos períodos larvais normalmente associados altas taxas de mortalidade. O ciclo larval completo do *T. amboinensis* compreende oito estágios de zoea e um estágio decapodita (Bartilotti et al., 2016).

A nutrição larval adequada é um fator-chave para alcançar o sucesso durante a larvicultura de camarões ornamentais marinhos (Rhyne e Lin, 2004; Calado et al., 2005). As larvas de crustáceos são conhecidas por serem incapazes de sintetizar quantidades suficientes de alguns ácidos graxos essenciais, como o ácido docosahexaenóico (DHA) e o ácido eicosapentaenoico (EPA), satisfazendo suas necessidades fisiológicas por meio da alimentação (Raiva, 2001).

Uma ampla gama de itens alimentares tem sido usada para cultivar larvas de camarões ornamentais marinhos, tais como náuplios e meta-náuplios de *Artemia*, rotíferos do genero *Brachionus*, microalgas, copépodes, frutos do mar congelados e moídos, e formulações comerciais, têm sido usados em diferentes combinações e atingindo diferentes níveis de sucesso no desempenho das larvas (Calado, 2008). A *Artemia* é o alimento vivo mais empregado no cultivo de camarões ornamentais marinhos, sendo utilizada com sucesso na larvicultura de várias espécies (Zhang et al., 1998; Rhyne e Lin, 2004; Calado et al., 2005; Calado, 2008). No entanto, esta presa não apresentou resultados satisfatórios para algumas espécies, como o camarão-limpador *Lysmata amboinensis* ou o camarão-boxeador *Stenopus hispidus* (Fletcher et al., 1995; Calado et al., 2008a). Calado et al. (2017) sugeriu que os regimes alimentares específicos precisam ser implementados para cada espécie de camarão, mesmo que elas sejam intimamente relacionadas.

Microalgas são uma grande fonte natural de ácidos graxos essenciais, como os ácidos DHA e EPA (Støttrup e McEvoy, 2003). Embora as larvas de camarão carídeos exibam uma capacidade limitada de filtrar pequenas partículas (LeVay et al., 2001), estudos anteriores sugerem que o uso de microalgas pode melhorar a sobrevivência do camarão ornamental marinho (Simoes et al., 2002; Cunha et al., 2008).

Identificar uma dieta adequada pode ter um impacto significativo na cultura do camarão sexy dancer, melhorando as taxas de sobrevivência e encurtando a fase larval. Os principais objetivos deste estudo foram examinar os efeitos de diferentes itens alimentares e diferentes dietas mistas nas taxas de sobrevivência e assentamento durante a larvicultura do *T. amboinensis*.

## 2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi composto por três ensaios, realizados no Centro de Pesquisa e Extensão Agrícola de Frutos do Mar (AREC) da universidade Virgínia Tech, em Hampton VA, EUA.

### 2.2.1 Manutenção dos reprodutores e coleta das larvas

Aproximadamente 80 camarões *T. amboinensis* adultos (15 - 30 mm) foram mantidos em um aquário de 80 L com dois filtros de esponja e aeração moderada em uma proporção estimada de duas fêmeas para um macho. A temperatura foi mantida em  $26,5 \pm 0,37$  °C (média  $\pm$  SD) e salinidade em  $35,12 \pm 0,45$  mg L<sup>-1</sup>. Amônia total, nitrito e nitrato foram monitorados a cada 3 dias com o auxílio de um espectrofotômetro (DR2800, Hatch Co., Loveland, CO, USA) e mantidos dentro de concentrações seguras. O fotoperíodo foi definido em 12h de luz (8:00 às 20:00 h). Semanalmente, foram realizadas trocas de água de 40% com água salgada filtrada e esterilizada para garantir uma boa qualidade da água.

Os reprodutores foram alimentados duas vezes por dia (9h e 17h) alternadamente com frutos do mar congelados (Fish frenzy, LRS foods Co., Advance, NC, USA) e uma dieta comercial (Mysis Diet Enriched with SELCO, Brine Shrimp Direct, Ogden, UT, USA).

### 2.2.2 Ensaio I: Efeito de diferentes dietas monoespecíficas

Larvas recém-eclodidas (n=324), mostrando boa resposta fototáxica positiva, foram coletadas do tanque dos reprodutores e distribuídos em dezoito béqueres de vidro de 1-L (seis grupos em triplicata), preenchidos com 900 mL de água salgada a 35 mg L<sup>-1</sup> (50% do tanque do tanque dos reprodutores e 50% de água salgada filtrada e esterilizada) a uma densidade de 20 larvas L<sup>-1</sup> (n=18). Uma leve aeração foi fornecida por meio de pipetas conectadas a um aerador. Os béqueres foram colocados em tanques retangulares de 80-L, em banho Maria dentro de uma sala com temperatura controlada. O fotoperíodo utilizado foi de 12h de luz (8:00 às 20:00 h).

Durante 25 dias, as larvas foram alimentadas com cinco dietas monoespecíficas diferentes (em triplicata): **TP**- pasta de microalga *Thalassiosira pseudonana* (300.000 células. mL<sup>-1</sup>); **ISO**- pasta de microalga *Isochrysis* sp. (1.000.000 células. mL<sup>-1</sup>); **ART**- metanúplios de *Artemia* enriquecidos (3 ind. mL<sup>-1</sup>); **ROT**- Rotíferos *Brachionus rotundiformis* enriquecidos (35 ind. mL<sup>-1</sup>); **COP**- Copepoditos *Apocyclops panamensis* (35 ind. mL<sup>-1</sup>); e um grupo onde nenhuma fonte alimentar foi fornecida, usado como controle - **STR**.

As larvas sobreviventes foram cuidadosamente contadas a cada 3 dias, coletando-as delicadamente com o auxílio de pipetas e contando-as individualmente, enquanto eram transferidas para um béquer limpo. Ao final do ensaio, os decapoditos (de acordo com as observações de Bartilotti et al., 2016) em cada frasco foram contados individualmente para obter a porcentagem de larvas assentadas.

### 2.2.3 Ensaio II: Efeito de diferentes dietas mistas

Seguindo os resultados do primeiro ensaio, larvas recém eclodidas (n=216) foram coletadas e distribuídas em doze béqueres 1-L, sob as mesmas condições descritas no ensaio anterior (seção 2.2). Durante 25 dias, as larvas foram alimentadas com duas dietas mistas: **RTP**- Rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos (35 ind. mL<sup>-1</sup>) e *T. pseudonana* (150.000 células. mL<sup>-1</sup>); **RIS**- Rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos (35 ind. mL<sup>-1</sup>) e *Isochrysis* sp. (500.000 células. mL<sup>-1</sup>); e um grupo alimentado apenas com rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos (35 ind. mL<sup>-1</sup>) como controle **-RT**. As larvas sobreviventes e decapoditos foram analisados com a mesma metodologia descrita no ensaio I.

### 2.2.4 Ensaio III: Efeito da inclusão de meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos na dieta durante o estágio final da larvicultura sobre taxas de assentamento

Larvas saudáveis recém-eclodidas (n=180) foram coletadas e cultivadas em um tanque cilíndrico estático de 10-L contendo de 8-L de água salgada, e alimentadas com rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos e *T. pseudonana* (segundo os resultados dos ensaios anteriores) por 21 dias. Após esse período, as larvas no estágio de zoa VIII (n=108) foram distribuídas em seis béqueres de 1-L nas mesmas condições dos Ensaio I e II. Durante sete dias, foram alimentadas com duas dietas mistas distintas: **RTP**- Rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos (35 ind. mL<sup>-1</sup>) e *T. pseudonana* (150.000 células mL<sup>-1</sup>) e **RTPA**- Rotíferos enriquecidos (35 ind. mL<sup>-1</sup>), *T. pseudonana* (150.000 células. mL<sup>-1</sup>) e meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos (3 ind. mL<sup>-1</sup>).

Larvas sobreviventes foram cuidadosamente contadas ao final do ensaio e os decapoditos foram contados diariamente em cada béquer sem a remoção dos mesmos.

### 2.2.5 Procedimentos de alimentação, manutenção da qualidade da água e parâmetros avaliados durante os ensaios

As densidades residuais das presas foram estimadas usando uma câmara de Sedgewick Rafter e ajustadas diariamente (8:00 h) para manter as densidades pré-estabelecidas.

O fornecimento de microalgas neste estudo foi feito por meio do uso das pastas comerciais *Instant Algae* TP 1800™ para *Tallassiosira pseudonana* e *Instant Algae Isochrysis* 1800™ para *Isochrysis* sp. (Reed Mariculture Inc., Campbell, CA, EUA). As densidades de microalgas foram definidas com base no peso seco das pastas, a fim de fornecer a mesma quantidade de microalgas em todos os diferentes tratamentos visto o tamanho desigual das células entre as duas espécies.

Os rotíferos e meta-núplios de *Artemia* foram enriquecidos com Rotigrow OneStep® (Reed Mariculture Inc., Campbell, CA, USA) e SELCO® (Brine Shrimp Direct Co., Ogden, UT, USA), respectivamente, seguindo as instruções de cada fabricante. Os copepoditos foram colhidos diariamente de quatro tanques (500-L) de cultivo de copépodes alimentados com a pasta Rotigrow Plus® (Reed Mariculture Inc., Campbell, CA, USA).

As renovações de água (80%) foram realizadas diariamente, antes do fornecimento dos alimentos vivos, sifonando gentilmente o fundo dos béqueres para a remoção de larvas mortas e matéria orgânica. A água salgada filtrada e esterilizada usada para trocas de água era preparada um dia antes de cada troca de água e mantida na mesma sala a fim de igualar as temperaturas.

Temperatura (T), Salinidade (S) e oxigênio dissolvido (DO) foram verificados diariamente usando uma sonda YSI Pro2030 (YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA). As concentrações de alcalinidade (ALK), amônia total (NH<sub>3</sub>-N), nitrito (NO<sub>2</sub>-) e nitrato (NO<sub>3</sub>-) foram medidas a cada 3 dias com o auxílio de um espectrofotômetro DR2800 (Hatch Co., Loveland, CO, USA).

As taxas de sobrevivência (S) e desenvolvimento (D) foram calculadas utilizando-se as equações  $S(tx) = (nx/n0) \times 100$  e  $D = (nd / nx) \times 100$ , respectivamente, onde  $n0$  é a contagem inicial de larvas,  $nx$  é o número de larvas sobreviventes após o período  $Tx$ , e  $nd$  o número de decapoditos. Ambas as taxas foram expressas em percentuais (%).

### 2.2.6 Análise de dados estatísticos

Todos os dados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão (SD) e todas as porcentagens foram transformadas em raiz quadrada do arcoseno (Zar, 2010). Os parâmetros de qualidade de água e os dados dos ensaios I e II foram submetidos a uma ANOVA de duas vias de medidas repetidas, considerando a dieta como um fator e o período de cultivo como fator repetido. No ensaio III, os dados foram submetidos a uma ANOVA de uma via. Todas as análises foram realizadas utilizando o software OriginPro 2021b. Foi realizado um teste de comparação múltipla de Tukey (Zar 2010) para a comparação das médias entre os tratamentos, considerando diferenças significativas quando  $P < 0,05$ .

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

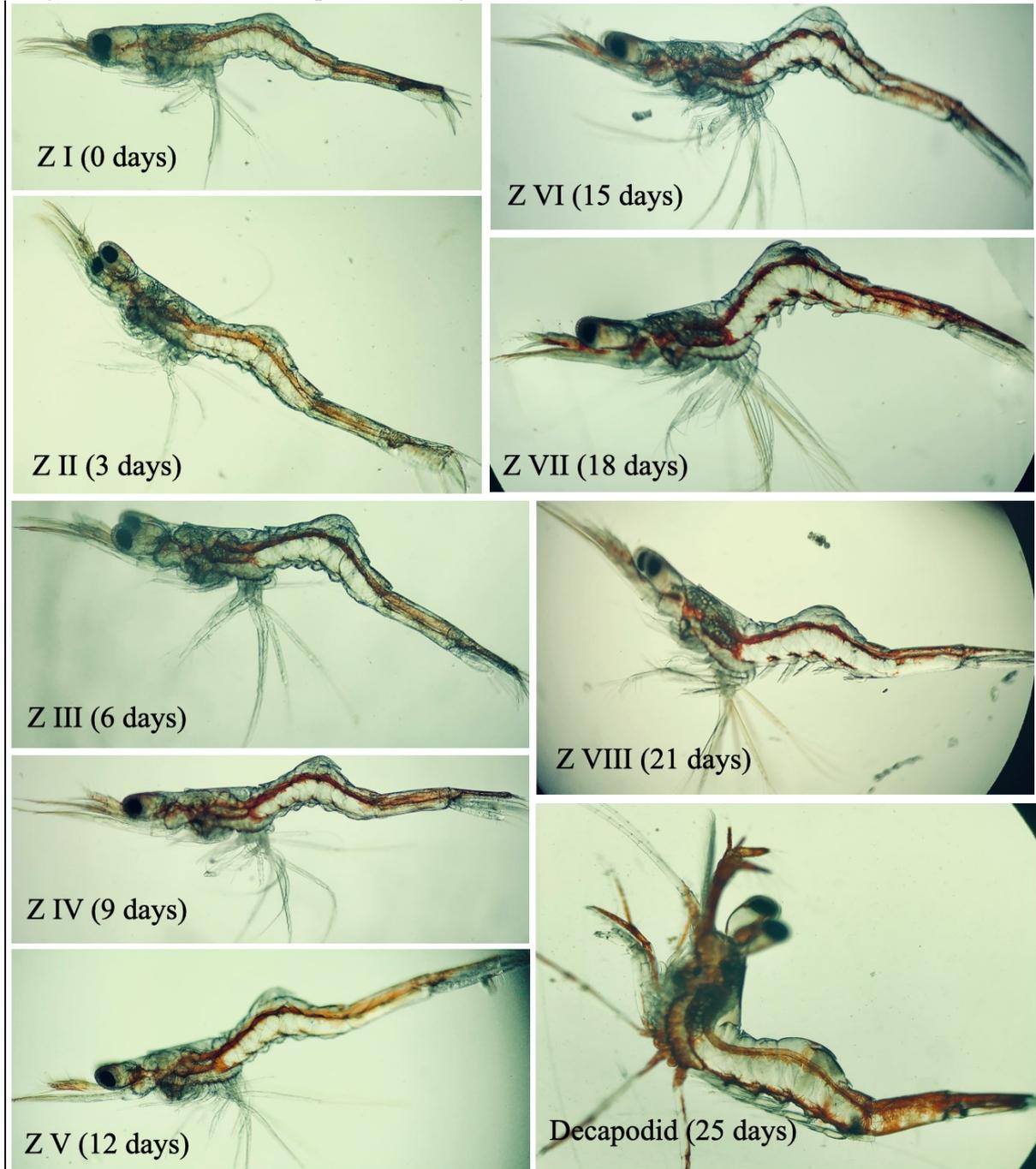
Os reprodutores apresentaram comportamento reprodutivo constante. As cópulas ocorreram sempre após a ecdise das fêmeas, e a incubação de ovos durou cerca de quatorze dias, com liberação das larvas em poucas horas após o fim do período de luz.

As larvas avançavam para um novo estágio de zoea a cada três dias em média. Foram observados oito estágios larvais e um estágio de decapodito (Figura 3), de acordo com o que foi descrito anteriormente por Bartilotti et al. (2016), e em contraste com o que foi observado por Sarver (1979), que referiu 10 a 12 estágios larvais para a espécie, provavelmente devido ao comportamento de mark-time moulting (definido por Gore, 1995).

O uso da *Artemia*, na forma de náuplios recém-eclodidos ou meta-náuplios enriquecidos, como alimento vivo tornou-se uma prática generalizada na indústria da aquicultura ornamental e vem sendo empregada com sucesso desde a eclosão até a metamorfose na larvicultura de muitas espécies de camarões ornamentais marinhos (Goy, 1990; Zhang et al., 1997; Zhang et al., 1998; Calado et al., 2005). Bartilotti et al. (2016) foram capazes de cultivar larvas de *T. amboinensis* usando apenas náuplios recém eclodidos de *Artemia*, no entanto, nenhuma informação sobre as taxas de sobrevivência foi fornecida. A *Artemia* apresenta naturalmente um pobre perfil nutricional e uma perda significativa no conteúdo lipídico, que pode chegar a até 92% do DHA, dependendo da temperatura, dentro de 24 horas após o processo de enriquecimento (Evjemo et al. 2001). Por outro lado, os rotíferos *Brachionus* sp. apresentam uma alta capacidade de incorporar ácidos graxos essenciais (Whyte and Nagata, 1990), mostrando apenas pequenas perdas de seu conteúdo lipídico (cerca de 20% em 24 horas) após o enriquecimento (Reitan et al., 1993), além de ser uma presa menor e mais lenta, medindo entre 91 e 170  $\mu\text{m}$  (Navarro, 1999) enquanto que meta-

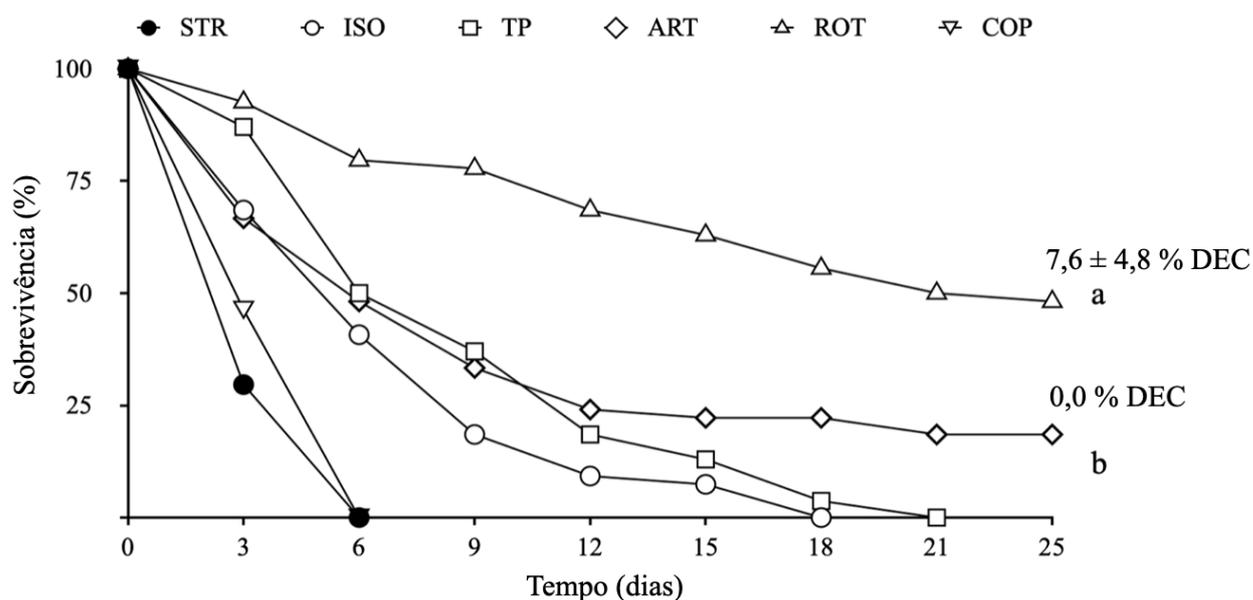
náuplios de *Artemia* podem atingir até 830  $\mu\text{m}$  (Economou et al., 2019). Matias da Cunha Costa et al. (2021) obteve uma melhora significativa nas taxas de sobrevivência e desenvolvimento larval com a inclusão de rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos na alimentação de larvas do camarão limpador *L. amboinensis* ao final de 30 dias de cultivo.

Figura 3. Fase larval completa do camarão sexy dancer *Thor amboinensis*, compreendendo oito estágios de zoea (Z) e um decapodito, ao longo de 25 dias de cultivo.



No primeiro ensaio deste estudo, a sobrevivência média das larvas alimentadas exclusivamente com meta-náuplios enriquecidos de *Artemia* foi significativamente inferior ( $18,5 \pm 3,7 \%$ ) do que aquelas alimentadas com rotíferos enriquecidos ( $48,1 \pm 9,2 \%$ ) após 25 dias ( $P < 0,05$ ) (Figura 4). Uma pequena porcentagem ( $7,6 \pm 4,8 \%$ ) das larvas do grupo ROT foi capaz de assentar até o final do ensaio, enquanto que nenhum decapodito foi observado no grupo ART.

Figura 4. A sobrevivência média das larvas e numero de decapoditos (DEC) (n=3/tratamento) (%) de *Thor amboinensis* alimentadas com diferentes dietas mono específicas por 25 dias. STR- Larvas em inanição; ISO- *Isochrysis* sp.; TP- *Thalassiosira pseudonana*; ART- Meta-náuplios enriquecidos de *Artemia*; ROT- Rotíferos *Brachionus rotundiformis* enriquecidos; COP- Copepoditos *Apocyclops panamensis*. Diferentes letras ao lado dos símbolos demonstram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).



As larvas em inanição não foram capazes de avançar para o estágio de zoea II e apresentaram mortalidade total durante primeiros seis dias de cultura, o que sugere a presença de uma pequena quantidade de reservas energéticas endógenas, mas insuficientes para permitir que as larvas passassem para segunda fase de zoea sem nenhuma fonte de energia externa, como observado anteriormente em outras espécies de camarões ornamentais (Calado et al., 2008b).

Apesar do fato de os copépodes serem considerados um alimento vivo ideal para a larvicultura de muitas espécies ornamentais marinhas, possuindo um perfil nutricional naturalmente rico em ácidos graxos essenciais (Støttrup e Norsker, 1997), neste estudo, as larvas alimentadas com copepoditos de *A. panamensis* foram capazes apenas de atingir o segundo estágio de zoea, mas apresentando uma sobrevivência média inferior ( $46,2 \pm 19,5 \%$ )

aos outros tratamentos no terceiro dia de cultivo, atingindo a mortalidade total antes do sexto dia. Esse resultado pode estar ligado ao notório comportamento evasivo, comumente exibido por copépodes marinhos (Jackson e Lenz, 2016), conjuntamente com a baixa capacidade das zoeas de perseguir suas presas, dependendo inteiramente de encontros espontâneos (Gonor e Gonor, 1973; Epelbaum e Borisov, 2006).

Os copepoditos de *A. panamensis* também são presas muito menores (40-100  $\mu\text{m}$ ) (Phelps et al., 2005) que rotíferos e meta-náuplios de *Artemia*, podendo ser tamanho inadequado para as larvas *T. amboinensis*. É importante ressaltar que nenhuma análise de conteúdo estomacal foi realizada durante este experimento, e mais estudos são necessários para confirmar essas afirmações.

As microalgas fornecem naturalmente um rico pacote nutricional para larvas de crustáceos marinhos (Støttrup e McEvoy, 2003). No entanto, o uso deste alimento vivo não é uma prática comum na larvicultura de camarões ornamentais marinhos, ao contrário do cultivo de camarões peneídeos. A fase de zoea é conhecida por apresentar uma capacidade muito limitada para filtrar pequenas partículas de alimento, como as microalgas (Strathman, 1987) e uma dieta composta apenas de microalgas, em estudos anteriores provou ser inadequada para a criação de larvas de camarões ornamentais marinhos, como *Lysmata* sp. e *Stenopus* sp. (Zhang et al., 1997; Zhang et al., 1998). No entanto, o fornecimento de microalgas pode ser altamente benéfico para larvas de camarão, especialmente durante os primeiros estágios larvais, minimizando o estresse nutricional (Simoes et al., 2002, Calado, 2008). Cunha et al. (2008) observaram um aumento significativo na atividade enzimática após 24 h da eclosão para larvas do camarão *Lysmata amboinensis* quando alimentadas com a microalga *tetraselmis chuii*.

No primeiro ensaio, uma pequena porcentagem ( $7,4 \pm 7,4$  %) das larvas alimentadas exclusivamente com *Isochrysis* sp. Foram capazes de sobreviver por mais de 15 dias, e aquelas alimentadas com *T. pseudonana* sobreviveram ( $3,7 \pm 3,7$  %) por mais de 18 dias, atingindo o estágio de zoea V. Zhang et al. (1998) obtiveram resultados semelhantes com larvas do camarão bailarino *Lysmata wurdemanni*, que quando alimentadas exclusivamente com microalgas *Chaetoceros* ou *Isochrysis* sp, sobreviveram por um máximo de 17 dias, chegando ao estágio de zoea V.

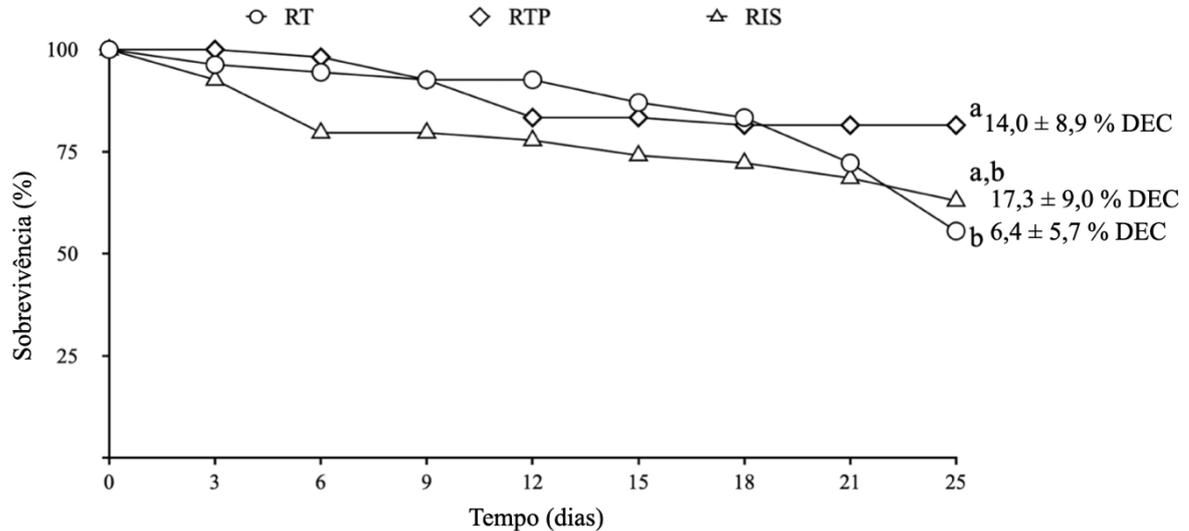
Durante este ensaio, os parâmetros de qualidade da água (DO:  $5,9 \pm 0,8$  mg L<sup>-1</sup>; T:  $26,0 \pm 1,3$  °C; S:  $35,2 \pm 0,3$  mg L<sup>-1</sup>; ALK:  $173,9 \pm 9,2$  mg L<sup>-1</sup>; NH<sub>3</sub>-N:  $0,5 \pm 0,2$  mg L<sup>-1</sup>; NO<sub>2</sub>-:  $0,0 \pm 0,0$  mg L<sup>-1</sup>; NO<sub>3</sub>-:  $2,3 \pm 0,2$  mg L<sup>-1</sup>) foram mantidos em níveis adequados, não

mostrando diferenças estatísticas entre os tratamentos e, portanto, presumiu-se não terem afetado os resultados de forma significativa.

No Ensaio II, as taxas de sobrevivência das larvas que se alimentaram de uma dieta mista de rotíferos enriquecidos e *T. pseudonana* ( $81,4 \pm 9,2$  %) ou *Isocrysis* sp. ( $64,8 \pm 14,8$  %) não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ). Por outro lado, a taxa de sobrevivência das larvas alimentadas apenas com rotíferos enriquecidos foi significativamente menor ( $55,5 \pm 9,6$  %) do que as alimentadas com rotíferos enriquecidos e *T. pseudonana* ( $P < 0,05$ ), como mostra a figura 5. Whyte e Nagata (1990), ao avaliar o efeito de diferentes microalgas no valor nutricional dos rotíferos *Brachionus plicatilis*, observaram que apenas os rotíferos alimentados com *T. pseudonana* apresentaram níveis ideais de EPAs e DHAs para a larvicultura de espécies marinhas. Apesar de não ser muito popular no cultivo de camarões, as microalgas *Thalassiosira* sp. são uma grande fonte de HUFAs, quando comparadas com outras espécies de microalgas (Tonon et al., 2002; Pratoomyot et al., 2005). Estudos anteriores mostraram bons resultados utilizando essas microalgas na larvicultura de camarões peneídeos (Emmerson, 1980; Kiatmetha et al., 2010). Durante o Ensaio II, os parâmetros de qualidade da água (DO:  $6,0 \pm 0,5$  mg L<sup>-1</sup>; T:  $26,3 \pm 1,0$  °C; S:  $35,3 \pm 0,3$  mg L<sup>-1</sup>; ALK:  $172,5 \pm 8,5$  mg L<sup>-1</sup>; NH<sub>3</sub>-N:  $0,7 \pm 0,1$  mg L<sup>-1</sup>; NO<sub>2</sub><sup>-</sup>:  $0,0 \pm 0,0$  mg L<sup>-1</sup>; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:  $2,5 \pm 0,1$  mg L<sup>-1</sup>) também permaneceram em níveis adequados, não mostrando diferenças significativas entre os tratamentos.

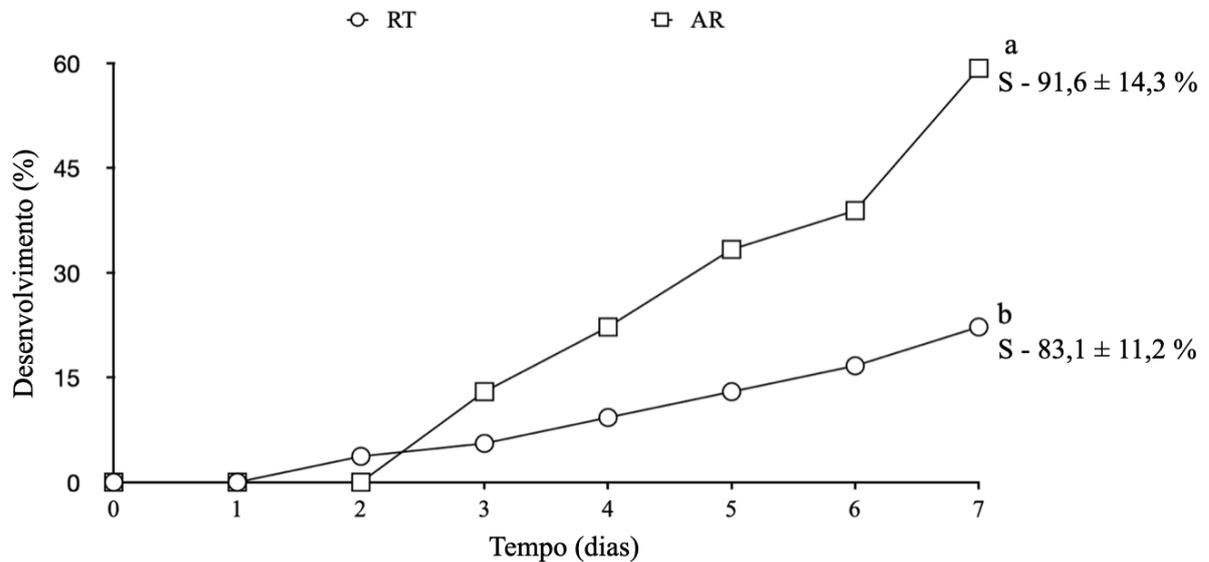
Além disso,  $14,0 \pm 8,9$  % das larvas em RTP,  $17,3 \pm 9,0$  % em RIS e  $6,4 \pm 5,7$  % das larvas em R assentaram para o estágio de decapodito ao final do estudo, não mostrando diferenças estatísticas entre os grupos.

Figura 5. Sobrevivência média das larvas e número de decapoditos (DEC) ( $n=3/\text{tratamento}$ ) (%) de *Thor amboinensis* alimentadas com diferentes dietas durante 25 dias. R- Rotíferos *Brachionus rotundiformis* enriquecidos; RTP- Rotíferos *Brachionus rotundiformis* enriquecidos e *Thalassiosira pseudonana*; RIS- Rotíferos *Brachionus rotundiformis* enriquecidos e *Isochrysis* sp. Diferentes letras próximas aos símbolos demonstram diferenças significativas ( $P<0,05$ ).



Meta-náuplios de *Artemia* podem apresentar algumas vantagens energéticas em comparação aos rotíferos, principalmente relacionadas ao seu maior tamanho ligado a necessidade de presas maiores nos estágios mais avançados de zoea, devido a alterações na morfologia da boca e no sistema digestivo no decorrer do desenvolvimento larval (Tziouveli et al., 2011). No terceiro ensaio, a sobrevivência das larvas em AR ( $91,6 \pm 14,3$  %) foi ligeiramente maior do que no grupo RT ( $83,1 \pm 11,2$  %), não apresentando uma diferença estatística ( $P > 0,05$ ). No entanto, quando meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos foram incluídos na dieta das larvas (AR) a partir dos 21 dias de idade, houve um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) na taxa de assentamento ( $59,2 \pm 19,2$  %) em comparação com as larvas alimentadas apenas com rotíferos enriquecidos e *T. pseudonana* ( $26,4 \pm 4,2$  %) durante o período de 7 dias de cultivo (Figura 6). Durante o último ensaio, os parâmetros de qualidade da água (DO:  $5,7 \pm 0,4$  mg L<sup>-1</sup>; T:  $26,5 \pm 0,5$  °C; S:  $35,4 \pm 0,3$  mg L<sup>-1</sup>; ALK:  $172,2 \pm 10,0$  mg L<sup>-1</sup>; NH<sub>3</sub>-N:  $0,9 \pm 0,0$  mg L<sup>-1</sup>; NO<sub>2</sub>-:  $0,0 \pm 0,0$  mg L<sup>-1</sup>; NO<sub>3</sub>-:  $2,5 \pm 0,3$  mg L<sup>-1</sup>) não apresentaram diferenças significativas e foram mantidos em níveis adequados.

Figura 6. Assentamento médio (n=3/tratamento) (%) das larvas de *Thor amboinensis* com 21 dias de idade alimentadas com duas dietas diferentes por 7 dias. RTP- Rotíferos *Brachionus rotundiformis* enriquecidos e *Thalassiosira pseudonana*; RTPA- Rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos, *T. pseudonana* e meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos. Diferentes letras próximas aos símbolos demonstram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).



## 2.4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostraram claramente que a diversificação da dieta pode melhorar o desempenho das larvas de camarão *T. amboinensis* em cativeiro. Rotíferos *B. rotundiformis* enriquecidos mostraram ser a dieta monoespecífica mais adequada para as larvas do camarão sexy dancer. No entanto, a suplementação com a microalga *T. pseudonana* promoveu uma melhora significativa nas taxas de sobrevivência e assentamento. A inclusão de meta-náuplios de *Artemia* enriquecidos na dieta durante o estágio final da larvicultura pode encurtar significativamente a duração da fase larval.

## REFERÊNCIAS

Anger, K., 2001. The Biology of Decapod Crustacean Larvae. A.A Balkema, Rotterdam, the Netherlands.

Bartilotti, C., Salabert, J., Dos Santos, A., 2016. Complete larval development of *Thor amboinensis* (De Man, 1888) Decapoda: Thoridae described from laboratory-reared material and identified by DNA barcoding. *Zootaxa* 4066.4, 399-420. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4066.4.3>

Calado, R., Dionísio, G., Bartilotti, C., Nunes, C., dos Santos, A., Dinis, M. T., 2008b. Importance of light and larval morphology in starvation resistance and feeding ability of

- newly hatched marine ornamental shrimps *Lysmata* spp. (Decapoda: Hippolytidae), *Aquaculture*, 283, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.010>.
- Calado, R., Lin, J., Rhyne, A. L., Araújo, R., Narciso, L., 2003. Marine Ornamental Decapods—Popular, Pricey, and Poorly Studied. *Journal of Crustacean Biology*. 23, 963–973. <https://doi.org/10.1651/C-2409>
- Calado, R., Figueiredo, J., Rosa, R., Nunes, M.L., Narciso, L., 2005. Effects of temperature, density, and diet on development, survival, settlement synchronism, and fatty acid profile of the ornamental shrimp *Lysmata seticaudata*. *Aquaculture*. 245, 1–4, 221-237. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.034>.
- Calado, R., 2008. *Marine Ornamental Shrimp: Biology, Aquaculture and Conservation*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Calado, R., Vitorino, A., Reis, A., Lopes da Silva, T., Dinis, M., 2008a. Effect of different diets on larval production, quality and fatty acid profile of the marine ornamental shrimp *Lysmata amboinensis* (de Man, 1888), using wild larvae as a standard. *Aquaculture Nutrition*. 15, 484 - 491. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00614.x>.
- Calado, R., Lin, J., Lecaillon, G., Rhyne, A. L., 2017. Shrimp, in: Calado, R., Olivotto, I., Oliver, M. P., Holt, G. J. (Eds.), *Marine Ornamental Species Aquaculture*. Wiley Blackwell, Chichester, UK, pp 497-475. <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch22a>
- Cunha, L., Mascaró, M., Chiapa, X., Costa, A., Simoes, N., 2008. Experimental studies on the effect of food in early larvae of the cleaner shrimp *Lysmata amboinensis* (De Mann, 1888) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae). *Aquaculture*. 277. 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.014>
- Ekonomou, George, et al., 2019. "Mortality and effect on growth of *Artemia franciscana* exposed to two common organic pollutants." *Water* 11.8, 1614.
- Emmerson, W. D., 1980. Ingestion, growth and development of *Penaeus indicus* larvae as a function of *Thalassiosira weissflogii* cell concentration. *Marine Biology*. 58, 65-73.
- Epelbaum, A., & Borisov, R., 2006. Feeding behaviour and functional morphology of the feeding appendages of red king crab *Paralithodes camtschaticus* larvae. *Marine Biology Research*, 2(2), 77-88.
- Fletcher, D.J., Kötter, I., Wunsch, M., Yasir, I., 1995. Preliminary observations on the reproductive biology of ornamental cleaner prawns *Stenopus hispidus* *Lysmata amboinensis* *Lysmata debelius*. *International Zoo Yearbook*. 34, 73-77. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1995.tb00661.x>
- Gonor, S. L., & Gonor, J. J., 1973. Feeding, cleaning, and swimming behavior in larval stages of porcellanid crabs (Crustacea: Anomura). *Fishery Bulletin*, 71(1), 225-234.
- Guo, C. C., Hwang, J. S., Fautin, D. G., 1996. Host selection by shrimps symbiotic with sea anemones: a field survey and experimental laboratory analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 202, 165–176. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(96\)00020-2](https://doi.org/10.1016/0022-0981(96)00020-2).

- Jackson, J., Lenz, P., 2016. Predator-prey interactions in the plankton: larval fish feeding on evasive copepods. *Sci Rep.* 6, 33585. <https://doi.org/10.1038/srep33585>
- Khan, R., Becker, J., Crowther, A., Lawn, I., 2004. Spatial distribution of symbiotic shrimps (*Periclimenes holthuisi*, *P-brevicarpalis*, *Thor amboinensis*) on the sea anemone *Stichodactyla haddoni*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK.* 84. <https://doi.org/10.1017/S0025315404009063h>
- Kiatmetha, P., Siangdang, W., Bunnag, B., Senapin, S., & Withyachumnarnkul, B., 2011. Enhancement of survival and metamorphosis rates of *Penaeus monodon* larvae by feeding with the diatom *Thalassiosira weissflogii*. *Aquaculture International*, 19(4), 599-609.
- Le-vay, L., Jones, D. A., Puello-Cruz, A. C., Sangha, R. S., Ngamphongsai, C., 2001. Digestion in relation to feeding strategies exhibited by crustacean larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology.* 128(3), 623-30. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(00\)00339-1](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(00)00339-1)
- Matias da Cunha Costa, J. R., Ratcliff, S., Tsuzuki, M. Y., & Schwarz, M. H., 2021. Co-feeding schemes affect survival, growth, and development in the larviculture of the Striped cleaner shrimp *Lysmata amboinensis* (de Mann, 1888). *Journal of Applied Aquaculture*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1986193>
- Navarro, N., 1999. Feeding behaviour of the rotifers *Brachionus plicatilis* and *Brachionus rotundiformis* with two types of food: live and freeze-dried microalgae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 237, 75-87. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(98\)00220-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(98)00220-2).
- Palmtag, M., 2017. The Marine Ornamental Species Trade, in: Calado, R., Olivotto, I., Oliver, M. P., Holt, G. J. (Eds.), *Marine Ornamental Species Aquaculture*. Wiley Blackwell, Chichester, UK, pp. 3-14. <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch1>
- Phelps, R. P., G. S. Sumiarsa, E. E. Lipman, H. Lan, K. K. Moss, and A. D. Davis, 2005. Intensive and extensive production techniques to provide copepod nauplii for feeding larval red snapper *Lutjanus campechanus*. *Copepods in Aquaculture.* 12:151-68. <https://doi.org/10.1002/9780470277522.ch12>.
- Rhyne A., Lin J., 2004. Effects of different diets on larval development in a peppermint shrimp *Lysmata* sp. (Risso). *Aquac. Res.* 35, 1179-1185. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01143.x>
- Rhyne, A. L., Tlusty, M. F., Szczebak, J. T., 2017. Early Culture Trials and an Overview on U.S. Marine Ornamental Species Trade, in: Calado, R., Olivotto, I., Oliver, M. P., Holt, G. J. (Eds.), *Marine Ornamental Species Aquaculture*. Wiley Blackwell, Chichester, UK, pp. 51-66. <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch4>
- Reitan, K. I., Rainuzzo, J. R., Øie, G., Olsen, Y., 1993. Nutritional effects of algal addition in first feeding of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Aquaculture.* 118, 257-275. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90461-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90461-7)

Sarver, D., 1979. Larval Culture of the Shrimp *Thor amboinensis* (De Man, 1888) with Reference to Its Symbiosis with the Anemone *Antheopsis papillosa* (Kwietniewski, 1898). *Crustaceana*. 5, 176-178. [www.jstor.org/stable/25027500](http://www.jstor.org/stable/25027500)

Simoës, F., Ribeiro, F., Jones, D. A., 2002. Feeding early larval stages of fire shrimp *Lysmata debelius* (Caridea, Hippolytidae). *Aquaculture International*. 10, 349–360. <https://doi.org/10.1023/A:1023366423144>

Strathmann, R.R. 1987. Larval feeding. In: Giese, A.C., Pearse, J.S. & Pearse, V.B. (eds), *Reproduction of Marine Invertebrates 9; General Aspects: Seeking Unity in Diversity*: 465-550. California: Blackwell Scientific Publications & The Boxwood Press.

Støttrup, J. G., McEvoy, L. A., 2003. *Live Feeds in Marine Aquaculture*, Blackwell Science, Oxford.

Tonon, T., Harvey, D., Larson, T. R., & Graham, I. A., 2002. Long chain polyunsaturated fatty acid production and partitioning to triacylglycerols in four microalgae. *Phytochemistry*, 61(1), 15-24.

Tziouveli, V., Bastos-Gomez, G., & Bellwood, O., 2011. Functional morphology of mouthparts and digestive system during larval development of the cleaner shrimp *Lysmata amboinensis* (de Man, 1888). *Journal of morphology*, 272(9), 1080-1091.

Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E., Razak, T., 2003. *From Ocean to Aquarium. The global trade in marine ornamental species*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

Whyte, J. N. C.; Nagata W. D. 1990. Carbohydrate and fatty acid composition of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, fed monospecific diets of yeast or phytoplankton. *Aquaculture*, 89, 263-272, 1990. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90131-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90131-6)

Zhang, D., Lin, J., & Creswell, R. L., 1998. Larviculture and effect of food on larval survival and development in golden coral shrimp *Stenopus scutellatus*. *Oceanographic Literature Review*, 9(45), 1683.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ANGER, K. The biology of decapod crustacean larvae. Lisse: AA Balkema Publishers, 2001.
- BAEZA, J. A.; PIANTONI, C. Sexual system, sex ratio, and group living in the shrimp *Thor amboinensis* (De Man): relevance to resource-monopolization and sex-allocation theories. **The Biological Bulletin**, Woods Hole, v. 219, n. 2, p. 151-165, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1086/BBLv219n2p151>.
- BAUER, R. T. Simultaneous hermaphroditism in caridean shrimps: a unique and puzzling sexual system in the Decapoda. **Journal of Crustacean Biology**, 20, 116-128, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1163/1937240X-90000014>.
- BARTILOTTI, C., SALABERT, J., DOS SANTOS, A.. Complete larval development of *Thor amboinensis* (De Man, 1888) Decapoda: Thoridae described from laboratory-reared material and identified by DNA barcoding. **Zootaxa** 4066.4, 399-420, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4066.4.3>
- BIONDO, M. V. Quantifying the trade in marine ornamental fishes into Switzerland and an estimation of imports from the European Union. **Global ecology and conservation**, v. 11, 95-105, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.05.006>.
- BRIONES-FOURZÁN, P.; PÉREZ-ORTIZ, M.; NEGRETE-SOTO, F.; BARRADAS-ORTIZ, C.; LOZANO-ÁLVAREZ, E. Ecological traits of Caribbean sea anemones and symbiotic crustaceans. **Marine Ecology Progress Series**, 470, 55-68, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps10030>.
- CALADO, R. Marine ornamental shrimp: biology, aquaculture and conservation. John Wiley & Sons, 2008.
- CALADO, R.; DIONÍSIO, G. BARTILOTTI, C.; NUNES, C.; DOS SANTOS, A.; DINIS, M. T. Importance of light and larval morphology in starvation resistance and feeding ability of newly hatched marine ornamental shrimps *Lysmata* spp. (Decapoda: Hippolytidae). **Aquaculture**, 283, 1-4, 56-63, 2008a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.010>.
- CALADO, R.; FIGUEIREDO, J.; ROSA, R.; NUNES, M. L.; NARCISO, L. Effects of temperature, density, and diet on development, survival, settlement synchronism, and fatty acid profile of the ornamental shrimp *Lysmata seticaudata*. **Aquaculture**, 245, 1-4, 221-237, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.034>.
- CALADO, R.; LIN, J.; LECAILLON, G.; RHYNE, A. L. Shrimp. Marine Ornamental Species Aquaculture, p. 477-495, *In*: CALADO, R. **Marine Ornamental Species Aquaculture**. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch22a>.
- CALADO, R.; MARTINS, C.; SANTOS, O.; NARCISO, L. Larval development of the Mediterranean cleaner shrimp *Lysmata seticaudata* (Risso, 1816) (Caridea; Hippolytidae) fed on different diets: costs and benefits of mark-time molting. **Larvi**, 1, 96-99, 2001.

- CUNHA, L.; MASCARO, M.; CHIAPA, X.; COSTA, A.; SIMOES, N. Experimental studies on the effect of food in early larvae of the cleaner shrimp *Lysmata amboinensis* (De Mann, 1888) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae). **Aquaculture**, 277, 1-2, 117-123, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.014>.
- DA ROCHA, J. A. M. Suitability of marine ornamental shrimp *Lysmata unicoloris* Holthuis and *Maurin* 1952 to commercial scale aquaculture and comparative performance with *Lysmata seticaudata* (Risso, 1816), 2017.
- FAULK, C. K.; HOLT, G. J. Advances in rearing cobia *Rachycentron canadum* larvae in recirculating aquaculture systems: live prey enrichment and greenwater culture. **Aquaculture**, 249, 1-4, 231-243, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.033>.
- FLETCHER, D. J.; KÖTTER, I., WUNSCH, M.; YASIR, I. Preliminary observations on the reproductive biology of ornamental cleaner prawns *Stenopus hispidus* *Lysmata amboinensis* *Lysmata debelius*. **International Zoo Yearbook**, 34, 73-77, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1995.tb00661.x>.
- GORE, R. H. Molting and growth in decapod larvae. **Crustacean**, 2, 1-65, 1985.
- GUO, C. C., HWANG, J. S., FAUTIN, D. G., 1996. Host selection by shrimps symbiotic with sea anemones: a field survey and experimental laboratory analysis. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, 202, 165–176. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(96\)00020-2](https://doi.org/10.1016/0022-0981(96)00020-2)
- JEEJA, P. K.; IMELDA, J.; PAULRAJ, R. Nutritional composition of rotifer (*Brachionus plicatilis* Muller) cultured using selected natural diets. **Indian Journal of Fisheries**, 58, 2, 59-65, 2011.
- LAVENS, P.; SORGELOOS, P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. **Food and Agriculture Organization (FAO)**, 1996.
- LE VAY, L.; JONES, D. A.; PUELLO-CRUZ, A. C.; SANGHA, R. S.; NGAMPHONGSAI, C. Digestion in relation to feeding strategies exhibited by crustacean larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 128, 3, 621-628, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(00\)00339-1](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(00)00339-1).
- KHAN, R. N.; BECKER, J. H.; CROWTHER, A. L.; LAWN, I. D. Spatial distribution of symbiotic shrimps (*Periclimenes holthuisi*, *P. brevicarpalis*, *Thor amboinensis*) on the sea anemone *Stichodactyla haddoni*. **Journal of the Marine Biological Association of the UK**, 84, 1, 201-203, 2004.
- PALMTAG, M. R. The marine ornamental species trade. In: CALADO, R. **Marine Ornamental Species Aquaculture**, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch1>.
- RHYNE, A. L.; LIN, J.; DEAL, K. J. Biological control of aquarium pest anemone *Aiptasia pallida* Verrill by peppermint shrimp *Lysmata* Risso. **Journal of Shellfish Research**, 23, 1, 227-230, 2004.
- RHYNE, A. L.; TLUSTY, M. F.; SCHOFIELD, P. J., KAUFMAN, L. E. S., MORRIS JR, J. A.; BRUCKNER, A. W. Revealing the appetite of the marine aquarium fish trade: the volume

and biodiversity of fish imported into the United States. **PLoS One**, 7, 5, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035808>.

RHYNE, A. L.; TLUSTY, M. F.; SZCZEBAK, J. T. Early culture trials and an overview on US marine ornamental species trade. In: CALADO, R. **Marine Ornamental Species Aquaculture**, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch4>.

RHYNE, A. L.; TLUSTY, M. F.; SZCZEBAK, J. T.; HOLBERG, R. J. Expanding our understanding of the trade in marine aquarium animals. **PeerJ**, 5, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.2949>.

SARVER, D.. Larval Culture of the Shrimp *Thor amboinensis* (De Man, 1888) with Reference to Its Symbiosis with the Anemone *Antheopsis papillosa* (Kwietniewski, 1898). *Crustaceana*. 5, 176-178, 1979. [www.jstor.org/stable/25027500](http://www.jstor.org/stable/25027500)

SCHLÜTER, A.; VANCE, C.; FERSE, S. Coral reefs and the slow emergence of institutional structures for a global land-and sea-based collective dilemma. **Marine Policy**, 112, , 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.04.009>.

SIMÕES, F.; RIBEIRO, F.; JONES, D. A. Feeding early larval stages of fire shrimp *Lysmata debelius* (Caridea, Hippolytidae). **Aquaculture International**, 10, 5, 349-360, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:102336642314>.

STØTTRUP, Josianne; MCEVOY, Lesley (Ed.). **Live feeds in marine aquaculture**. John Wiley & Sons, 2003.

TAVARES, M.; CARVALHO, L. Towards a review of the decapod crustacea from the remote oceanic archipelago of Trindade and Martin Vaz, south Atlantic Ocean: new records and notes on ecology and zoogeography. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 57, 14, 157-176, 2017.

TZIOUVELI, V. Broodstock conditioning and larval rearing of the marine ornamental white-striped cleaner shrimp, *Lysmata amboinensis* (de Man, 1888). Tese de Doutorado. James Cook University, Townsville, 2011.

WABNITZ, C. From ocean to aquarium: the global trade in marine ornamental species, UNEP/Earthprint, 2003.

WHYTE, J. N.; NAGATA, W. D. Carbohydrate and fatty acid composition of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, fed monospecific diets of yeast or phytoplankton. **Aquaculture**, 89, 3-4, 263-272, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90131-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90131-6).

WOOD, E. Collection of coral reef fish for aquaria: global trade, conservation issues and management strategies. **Marine Conservation Society**, Herefordshire, 2001.

ZHANG, D.; LIN, J.; CRESWELL, R. L. Effects of food and temperature on survival and development in the peppermint shrimp *Lysmata wurdemanni*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 29, 4, 471-476, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1998.tb00671.x>.