



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA – DBI**

**ANDRÉA SANTOS E ALMEIDA**

**VULNERABILIDADE NUTRICIONAL DOS PRIMEIROS ESTÁGIOS LARVAIS DO**  
**CAMARÃO *Lysemata vittata* (CRUSTACEA: DECAPODA)**

São Cristóvão (SE)

2016.2



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA – DBI**

ANDRÉA SANTOS E ALMEIDA

**VULNERABILIDADE NUTRICIONAL DOS PRIMEIROS ESTÁGIOS LARVAIS DO**  
**CAMARÃO *Lysemata vittata* (CRUSTACEA: DECAPODA)**

Orientador: Dr. Douglas Fernandes Rodrigues Alves

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

São Cristóvão (SE)

2016.2

## **AGRADECIMENTOS**

Concluir a graduação, assim como concluir o presente trabalho, não foi uma tarefa fácil. E tenho plena certeza de que, se eu estivesse sozinha, nada disso teria sido finalizado. Portanto, gostaria de agradecer a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para que eu pudesse estar concluindo esta etapa tão importante.

Aos meus pais Rose e André, que são as minhas principais fontes de inspiração, por todo amor e suporte durante essa trajetória. São vocês a quem devo tudo. E também a toda minha família por todo apoio e por sempre contribuir de alguma maneira para eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

Ao meu orientador Douglas, que desde o início me ajudou ao máximo em todos os aspectos, desde coletas e as idas à universidade aos finais de semana até os conselhos amigos e orientações para o futuro. E também a Samara, que sempre prestou grande auxílio durante todo o trabalho, com ajuda nos experimentos, elaboração de planilhas e muitas dicas importantes. Agradeço a toda orientação de vocês e pela amizade adquirida ao longo desse tempo.

Ao pessoal do Laboratório de Carcinologia por todos os auxílios prestados: Ao Gustavo, por ter me recebido de braços abertos no laboratório; Ao Rafael, por ter ajudado bastante no trabalho participando de todas as coletas e conseguindo meus camarõezinhos; A Sinara, Luana e Danilo pelas ajudas sempre que precisei, pelo companheirismo no laboratório e pelas risadas.

Às professoras Carmem, Adriana e Yana, que permitiram a mim o uso de seus equipamentos laboratoriais para que eu pudesse concluir as minhas análises.

Aos grandes amigos que conquistei na Biologia, Giulia, Bia, Juliana, Adelle, Damyres, Leoni, Dário, Belgrano e todos os outros que estiveram presentes tanto nos momentos de crises de riso, quanto nos momentos de stress. Sem vocês a minha graduação não teria sido a mesma. E também aos que mesmo de fora, ajudaram com muita paciência, companheirismo, amizade e aturando meus choros durante a escrita deste trabalho: Augusto, Wendy, Mayra e todos os outros que de alguma maneira sempre me deram alguma palavra de apoio.

E por fim, à CAPES pela oportunidade e pelo financiamento ao meu intercâmbio durante o curso e à COPES pelo financiamento à minha pesquisa.

## RESUMO

A alimentação é um dos principais fatores a influenciar o desenvolvimento larval de crustáceos decápodos. Dois pontos podem estimar a vulnerabilidade nutricional das larvas: o Ponto de Saturação de Reserva (PSR) e o Ponto de Não-Retorno (PNR). Os objetivos visaram compreender a influência da inanição na mortalidade, duração dos estágios e no tamanho das larvas através dos pontos de PSR e PNR do primeiro e segundo estágio larval (ZI e ZII) do camarão bailarino *Lysmata vittata*. Exemplares ovígeros foram coletados, e após a eclosão foram realizados dois experimentos (PSR e PNR), com cada réplica portando uma única larva. Em PSR, houveram sete períodos diferentes de alimentação inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, nomeados A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7) seguidos de inanição contínua, e em PNR tiveram diferentes períodos de inanição inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, nomeados I1, I2, I3, I4, I5, I6 e I7) seguidos de alimentação contínua, além de dois controles (AC e IC). Foram analisados a mortalidade e o estágio larval diariamente, e ao final, foram medidos o comprimento do cefalotórax (CC). Análises estatísticas não paramétricas (Kruskal-Wallis) foram utilizadas para comparar os tratamentos. Também foram calculados o PSR<sub>50</sub> e o PNR<sub>50</sub> (tempo em que pelo menos 50% das larvas atinjam os pontos de PSR e PNR respectivamente), e pelo quociente desses pontos obteve-se o Índice de Vulnerabilidade Nutricional (IVN). No experimento de PSR, entre 66,6% (A3) e 100% (A4) completaram a ZI, e entre 66,6% (A5) e 100% (A7) completaram ZII. No PNR, entre 66,6% (I3, I4 e I5) e 91,6% (I1) completaram ZI e apenas os tratamentos I1 (90,9%), I2 (90%) e I3 (50%) completaram ZII. A mortalidade total variou entre 25% (A4 e A7) e 80% (IC), enquanto que em PNR variou entre 16,6% (I1) e 100% (I5). O comprimento da carapaça (CC) da ZIII variou entre 0,51±0,03mm (A1) e 0,60±0,02mm (A7) em PSR, e entre 0,56±0,03 (I2) e 0,58±0,05 (I1) no PNR. O baixo PSR<sub>50</sub> (0,934) e alto PNR<sub>50</sub> (2,963) resultou em um baixo IVN, ou seja, uma baixa vulnerabilidade nutricional. As larvas apresentaram Lecitotrofia Facultativa Primária (LFP), característica comum dentre as espécies de *Lysmata* que vivem em grupos. Também foi observado alguns fatores como o atraso no desenvolvimento larval da ZII devido à falta de alimento e as diferenças entre os tamanhos (CC) das larvas. Os resultados obtidos tanto podem contribuir com aspectos biológicos da fase inicial do *L. vittata*, quanto gerar informações para protocolos de cultivo desta espécie.

**Palavras-chave:** Inanição. Desenvolvimento larval. Lysmatidae.

## ABSTRACT

Feeding is one of the main factors that influence the larval development of decapod crustaceans. Two points can estimate the nutritional vulnerability of larvae: the “point-of-reserve-saturation” (PRS) and the “point-of-no-return” (PNR). The objective of this study was to evaluate starvation influence on mortality, duration of stages and on larvae size through PRS and PNR values of the first and second (ZI and ZII) larval stages of the peppermint shrimp *Lysmata vittata*. Ovigerous females were obtained, and two experiments (PRS and PNR) were initiated right after hatching. PSR presented seven different periods of initial feeding (1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 days, named A1, A2, A3, A4, A5, A6 and A7) followed by continuous starvation, while PNR presented different periods of initial starvation (1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 days, named I1, I2, I3, I4, I5, I6 and I7) followed by continuous feeding, plus two control groups (AC and IC). Daily, it was analyzed mortality and larval development, and in the end, it was measured the cephalothorax length (CL). Nonparametric statistical tests (Kruskal-Wallis) were used to make comparisons between treatments. Also, PRS<sub>50</sub> and PNR<sub>50</sub> (time in which at least 50% of larvae reach PRS and PNR points, respectively) was calculated, and from the quotient of these points the Nutritional Vulnerability Index (NVI) was obtained. In PSR experiment, between 66,6% (A3) and 100% (A4) molted to ZII stage, and between 66,6% (A5) and 100% (A7) molted to ZIII. In PNR experiments, 66,6% (I3, I4 e I5) to 91,6% (I1) advanced to ZII while only treatments I1 (90,9%), I2 (90%) and I3 (50%) molted to ZIII. Total mortality varied between 25% (A4 and A7) and 80% (IC), while in PNR varied from 16,6% (I1) to 100% (I5). The carapace length (CL) of ZIII varied between 0,51±0,03mm (A1) and 0,60±0,02mm (A7) in PSR, and 0,56±0,03 (I2) and 0,58±0,05 (I1) in PNR. The low PRS<sub>50</sub> (0,934) and high PNR<sub>50</sub> resulted in a low NVI, which means low nutritional vulnerability. Larvae of the experiments presented Facultative Primary Lecithotrophy (FPL), a common feature among some *Lysmata* group species. Some characteristics also was observed, such as a delayed development in ZII larval stage due to the lack of food and some differences between larval sizes (CL). Thereby, these results can either contribute to some biological aspects of the early phase of *L. vittata* or provide essential information for aquaculture protocols of the species.

**Key words:** Starvation. Larval development. Lysmatidae,

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – A) Área amostral, píer da orla do pôr-do-sol na região do Mosqueiro, Aracaju, Sergipe. B) Modelo de Armadilha de Refúgio que foi utilizado neste estudo. C) Exemplar do camarão <i>Lysmata vittata</i> (Stimpson, 1860), objeto de estudo do presente trabalho.....	15
<b>Figura 2</b> – Esquema que indica o experimento de PRS, apresentando os dias de início da alimentação seguida de inanição contínua. IC = controle de inanição; AC = controle de alimentação; A1 - A7 = tratamentos com quantidade de dias em que as larvas foram alimentadas. * referente ao número de réplicas utilizadas em cada tratamento.....	18
<b>Figura 3</b> – Esquema que indica o experimento de PNR, apresentando os dias com inanição inicial seguida de alimentação contínua. AC = controle de alimentação; IC = controle de inanição; I1 - I7 = tratamentos com quantidade de dias em que as larvas ficaram sem alimento. * referente ao número de réplicas utilizadas em cada tratamento.....	19
<b>Figura 4</b> – A) Desenvolvimento da zoea I (%) nos experimentos de PSR, indicando os indivíduos de <i>Lysmata vittata</i> que se desenvolveram para o próximo estágio (ZII) e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea I para a zoea II nos experimentos de PSR. Letras sobre os boxes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos.....	21
<b>Figura 5</b> – A) Desenvolvimento da zoea II (%) nos experimentos de PSR, indicando os indivíduos de <i>L. vittata</i> que se desenvolveram para o próximo estágio (ZIII), os que permaneceram no mesmo estágio e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea II para a zoea III nos experimentos de PSR.....	23
<b>Figura 6</b> – Curva sigmoidal (Boltzmann) em resposta a mortalidade (%) das larvas de <i>Lysmata vittata</i> de acordo com períodos de alimentação inicial antes da inanição contínua (PSR).....	24
<b>Figura 7</b> - Valores médios ( $X \pm DP$ ) do comprimento da carapaça (CC) das larvas de <i>L. vittata</i> no estágio de zoea III em relação aos tratamentos no experimento de PSR. Letras sobre os boxes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos.....	25
<b>Figura 8</b> – Regressão linear simples através da relação entre o tempo (dias) com a disponibilidade inicial de alimento e o tamanho das larvas de <i>L. vittata</i> em zoea III nos tratamentos de PSR.....	25

<b>Figura 9</b> – A) Desenvolvimento da zoea I (%) nos experimentos de PNR, indicando os indivíduos de <i>L. vittata</i> que se desenvolveram para o próximo estágio (ZII) e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea I para a zoea II nos experimentos de PNR.....	26
<b>Figura 10</b> – A) Desenvolvimento da zoea II (%) nos experimentos de PNR, indicando os indivíduos de <i>L. vittata</i> que se desenvolveram para o próximo estágio (ZIII), os que permaneceram no mesmo estágio e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea II para a zoea III nos experimentos de PNR.....	28
<b>Figura 11</b> – Curva sigmoidal (Boltzmann) em resposta a mortalidade (%) das larvas de <i>Lysmata vittata</i> de acordo com períodos de alimentação contínua após períodos de inanição (PNR).....	29
<b>Figura 12</b> – Valores médios ( $X \pm DP$ ) do comprimento da carapaça (CC) das larvas no estágio de zoea III em relação aos tratamentos no experimento de PNR. Letras sobre os boxes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos.....	30
<b>Figura 13</b> – Regressão linear simples através da relação entre o tempo (dias) com a disponibilidade inicial de alimento e o tamanho das larvas de <i>L. vittata</i> em zoea III nos tratamentos de PNR.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Mortalidade (%) no primeiro estágio larval (ZI), no segundo estágio (ZII) e total entre os diferentes tratamentos obtidos no experimento de Ponto de Saturação de Reserva (PSR) com as larvas de <i>L. vittata</i> .....	22
<b>Tabela 2:</b> Mortalidade (%) no primeiro estágio larval (ZI), no segundo estágio (ZII) e total entre os diferentes tratamentos obtidos no experimento de Ponto de Não-Retorno (PNR) com as larvas de <i>L. vittata</i> .....	27



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivos gerais .....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1 Coleta.....	15
3.2 Manutenção dos exemplares adultos e obtenção das larvas.....	16
3.3 Preparação dos experimentos.....	16
3.4 Experimento de Ponto de Saturação de Reserva (PRS).....	17
3.5 Experimento de Ponto de Não-Retorno (PNR).....	19
3.6 Análise dos resultados.....	20
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
4.1 Experimento do PSR.....	21
4.2 Experimento do PNR.....	26
4.3 Índice de Vulnerabilidade Nutricional (IVN).....	31
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Muitos invertebrados marinhos e de água doce, sejam eles de ambientes bentônicos, pelágicos, passam por ciclos de vida indiretos muito complexos, que envolve uma fase embrionária, fase larval e juvenil/adulto, ao invés de um simples desenvolvimento direto (ANGER, 2006). O desenvolvimento larval, assim como o crescimento e a sobrevivência de muitos crustáceos, pode ser afetado por diversos fatores físicos, e.g. temperatura e salinidade, e fatores biológicos, como alimentação (ANGER, 2001). Condições como a predação, patógenos, o ambiente desfavorável e a inanição estão entre as principais causas de mortalidade para os indivíduos na fase de larva (ANGER, 2001; ROTLLANT *et al.*, 2010). A alimentação tem papel fundamental para as larvas e pode influenciar, direta ou indiretamente, em elementos críticos no desenvolvimento larval, como sobrevivência ou no tempo de desenvolvimento (ANGER *et al.*, 1981; GEBAUER *et al.*, 2010). Em crustáceos decápodos, os requerimentos da alimentação durante o estágio larval dependem da reserva energética presente nos ovos, que varia conforme a espécie (CALADO *et al.*, 2007). Como as larvas planctônicas geralmente são distribuídas em diferentes escalas espaciais e temporais, a disponibilidade de suprimento muda ao longo das zonas de distribuição (GEBAUER *et al.*, 2010), podendo dificultar a aquisição de alimento pelas larvas. Em estudo feito com espécies de *Lysmata* mostrou que a inanição durante o primeiro estágio larval afeta o desenvolvimento, resultando em menor sobrevivência e duração mais prolongada da fase larval, além de diferenças no tamanho da larva e grande mortalidade no período de assentamento (CALADO *et al.*, 2005).

Algumas espécies são capazes de completar alguns estágios larvais apenas com o uso de alimento endógeno (vitelo), enquanto outras necessitam obter alimento exógeno durante todo o seu desenvolvimento (ANGER; DAWIRS, 1981). Dois tipos de larvas são comumente encontrados nos crustáceos em geral: as planctotróficas, que são geradas a partir da produção de grande número de pequenos ovos providos de pouco vitelo, e que necessitam de alimento exógeno após a eclosão; e lecitotróficas, provenientes de ovos grandes e pouco numerosos, com grande reserva de vitelo e por isso são capazes de se desenvolver apenas com o uso da nutrição endógena (ANGER, 1995a). Embora ambas estejam sujeitas a predação, as desvantagens de uma

larva planctotrófica é vista pela sua dependência da disponibilidade de alimento no ambiente, enquanto que as lecitotróficas não possuem esta dependência (VANCE, 1973).

Outro ponto importante é o *Facultative Primary Lecithotrophy* (Lecitotrofia Facultativa Primária – LFP), em que larvas recém-eclodidas, que são expostas a inanição por um determinado período de tempo devido à falta de alimento disponível, se alimentam da reserva de vitelo remanescente, permitindo que sofram a metamorfose inicial normalmente (ANGER, 2006; CALADO *et al.*, 2007a). Em ambientes irregulares, como ambientes pelágicos oligotróficos, é provável que ocorra pouca disponibilidade alimentar, e essa inanição temporária que a larva está sujeita a ter pode apresentar efeitos relacionados com a muda, o crescimento e o desenvolvimento da mesma (THESSALOU-LEGAKI *et al.*, 1999; ANGER, 2001). Além disso, há também a lecitotrofia secundária, na qual os primeiros estágios das larvas acumulam reserva de matéria orgânica através da ingestão de plânctons, permitindo que um estágio posterior realize a metamorfose sem aquisição de mais alimento (ANGER, 2001).

Para estimar a vulnerabilidade nutricional, Anger e Dawirs (1981) descreveram a existência de dois pontos importantes dos primeiros estágios larvais: o chamado “*point-of-reserve-saturation*” (PSR – Ponto de Saturação de Reserva) e “*point-of-no-return*” (PNR – Ponto de Não-Retorno). O PSR é descrito como o período mínimo para que as reservas acumuladas pelo animal (com reservas energéticas suficientes) sejam o bastante para que o mesmo consiga completar um estágio larval, sem a obtenção de alimento posterior. Em outras palavras, é o ponto onde as larvas obtiveram energia e matéria orgânica suficientes para se desenvolver com sucesso até a ecdise, independente da presença ou não de alimento posterior (ANGER, 2001).

Por outro lado, o PNR representa o limite de tempo em que o animal perde a capacidade de se recuperar do stress obtido pela ausência de alimento, quando geralmente são incapazes de se desenvolverem e morrem (ANGER; DAWIRS, 1981). Após passar pelo PNR, as larvas ainda são capazes de sobreviver por um determinado período, mas perderam a capacidade de um desenvolvimento normal e morrem por não conseguirem passar para o próximo estágio (ANGER, 2001). Danos fisiológicos e estruturais causados após o PNR, como diferenças no tamanho das células, são os principais responsáveis pela perda de eficiência no desenvolvimento larval (VOGT *et al.*, 1985; ANGER, 2001).

Camarões do gênero *Lysmata* são pertencentes da infraordem Caridea e família Lysmatidae (BAEZA, 2013), sendo descritas 42 espécies (DE GRAVE; FRANSEN, 2011). Estes camarões são bastante peculiares dentre outros carídeos devido a uma grande diversidade de estilos de vida, hábitos e comportamentos sociais, além de uma ampla distribuição geográfica, geralmente em águas de clima temperado e tropical, sendo a maioria das espécies concentradas no oeste do oceano Pacífico (ANKER *et al.*, 2009; BAEZA, 2010). Vivem livremente ou em simbiose, em especial com invertebrados sésseis, tais como recifes de corais e esponjas (BAEZA *et al.*, 2009). Podem ser subdivididos em dois grupos principais não taxonômicos: “cleaners” (limpadores) e o “peppermint”, mais conhecido no Brasil como camarão bailarino (CALADO, 2008). Os primeiros geralmente vivem em pares, enquanto que os demais, que são caracterizados por suas listras vermelhas e corpo translúcido, são comumente encontrados em grandes grupos (LIN, 2005; CALADO, 2008).

Outra característica considerada marcante dos camarões do gênero *Lysmata* é o fato deles serem hermafroditas protândricos simultâneos (PSH), sendo que os juvenis se maturam primeiramente como machos e com o tempo se tornam hermafroditas simultâneos, com a habilidade de desenvolver gônadas tanto masculinas como femininas (BAEZA *et al.*, 2009). Logo após o assentamento, indivíduos de *Lysmata* se desenvolvem com fenótipo externo de macho, com gônadas funcionais masculinas e porção ovariana rudimentar, e com o aumento do tamanho e da idade o fenótipo externo muda e o ovário se torna funcional (BAUER, 2006). Já foi constatado que os ductos masculinos ficam retidos durante a fase “fêmea”, e a produção de esperma continua após a mudança de sexo (BAUER; HOLT, 1998; BAUER, 2006). Tais camarões também são capazes de reproduzir como fêmea e macho no mesmo dia (LIN, 2005), como constatado em estudo feito com *L. wurmemanni*, no qual espécimes na “fase fêmea” foram capazes de copularem como machos na mesma noite em que sofrem muda de desova e copulam como fêmeas com outros espécimes na “fase fêmea” (BAUER; HOLT, 1998).

No comércio de organismos marinhos ornamentais os camarões lysmatídeos são bastante procurados, além da sua beleza, por ajudarem na limpeza e manutenção de aquários, podendo combater pragas, e.g. para o controle de anêmonas-de-vidro do gênero *Aiptasia*, além de poderem se alimentar de parasitas de peixes (CALADO, 2008). A comercialização desses camarões ainda gera grande impacto ao meio ambiente durante a coleta, entretanto, os esforços

para a conservação e manejo de crustáceos decápodos ainda são focados em sua maioria naquelas espécies relacionadas ao consumo humano, porém agora os crustáceos também são recursos valiosos na indústria ornamental (CALADO *et al.*, 2003b). Portanto, a implantação de práticas sustentáveis para a cultura de ornamentais é uma prioridade para promover a utilização sustentável desses recursos e reduzir a diferença entre a oferta e o aumento da procura (CORBIN, 2001; CALADO *et al.*, 2003a).

No Brasil já foram registradas sete espécies de *Lysmata*, dentre elas: *L. vittata* (Stimpson, 1860), *L. intermedia* (Kingsley, 1878), *L. moore* Rathbun, 1901, *L. grabhami* (Gordon, 1935), *L. ankeri* Rhyne e Lin, 2006, *L. bahia* Rhyne e Lin, 2006 e *L. lipkei* Okuno e Fiedler, 2010 (SOLEDADE *et al.*, 2013; PACHELLE *et al.*, 2016). Algumas dessas espécies foram introduzidas em águas brasileiras, dentre elas a espécie *L. vittata*. O camarão bailarino *L. vittata* é vindo originalmente dos oceanos Pacífico e Índico, onde se distribui por águas tropicais e subtropicais (MARIN *et al.*, 2012). As principais hipóteses que podem explicar a introdução do *L. vittata* na costa brasileira estão relacionadas com o transporte acidental dessa espécie em água de lastro de navios de carga ou, alternativamente, relacionada com soltura intencional ou com o escape acidental de exemplares comercializados pelo mercado de ornamentais (MARIN *et al.*, 2012; SOLEDADE *et al.*, 2013).

O *L. vittata* possui o corpo translúcido, o qual é coberto por listras vermelhas. Muitas vezes estes camarões vivem em grupos que podem variar de 9 a 40 indivíduos (SOLEDADE *et al.*, 2013), ao longo de áreas rochosas, com esponjas ou recifes de corais, ou ainda, na região estuarina entre 2 a 50m (BAEZA *et al.*, 2009; MARIN *et al.*, 2012). Apesar de ser bastante abundante em locais com comunidades de incrustação densa, aparentemente não participa de interações simbióticas com outros organismos (SOLEDADE *et al.*, 2013). Esta espécie possui 9 estágios larvais (zoea), sendo todos eles descritos por Yang e Kim (2010).

O conhecimento dos limites da falta de alimentação nos estágios iniciais de uma espécie é muito importante, pois esse tipo de informação pode ser útil para entender o padrão de distribuição das espécies e para medir a sua dependência por alimentos endógenos e exógenos nos primeiros estágios larvais, visto que larvas planctotróficas são encontradas em ambientes com alta densidade de alimento exógeno, enquanto que larvas lecitotróficas podem ocupar ambientes mais oligotróficos (VANCE, 1973; ANGER, 2001). Também é considerável para o entendimento da

dinâmica temporal de populações que ocorrem em ambientes sazonalmente variáveis em relação à disponibilidade de alimento exógeno para as larvas. Além disso, pode fornecer informações necessárias para o estabelecimento de protocolos de cultivo de animais ornamentais para tentar reduzir o impacto causado ao meio ambiente em consequência da pesca predatória porque, de acordo com Larkin e Degner (2001), animais ornamentais são retirados de seu habitat natural em grandes quantidades para suprir a grande demanda do mercado, o qual vem crescendo a cada ano. Esses protocolos de cultivo tem o propósito de aumentar a taxa de sobrevivência dos espécimes, além do conhecimento acerca das condições fisiológicas das larvas em seu habitat, como os fatores que controlam o recrutamento no ambiente natural (YIN; BLAXTER, 1987; CALADO *et al.*, 2007; STUMPF *et al.*, 2010; GUERAO *et al.*, 2012).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

- Estimar as consequências da inanição em diferentes períodos do primeiro (zoea I – ZI) e segundo (zoea II – ZII) estágios larvais de *Lysmata vittata*.

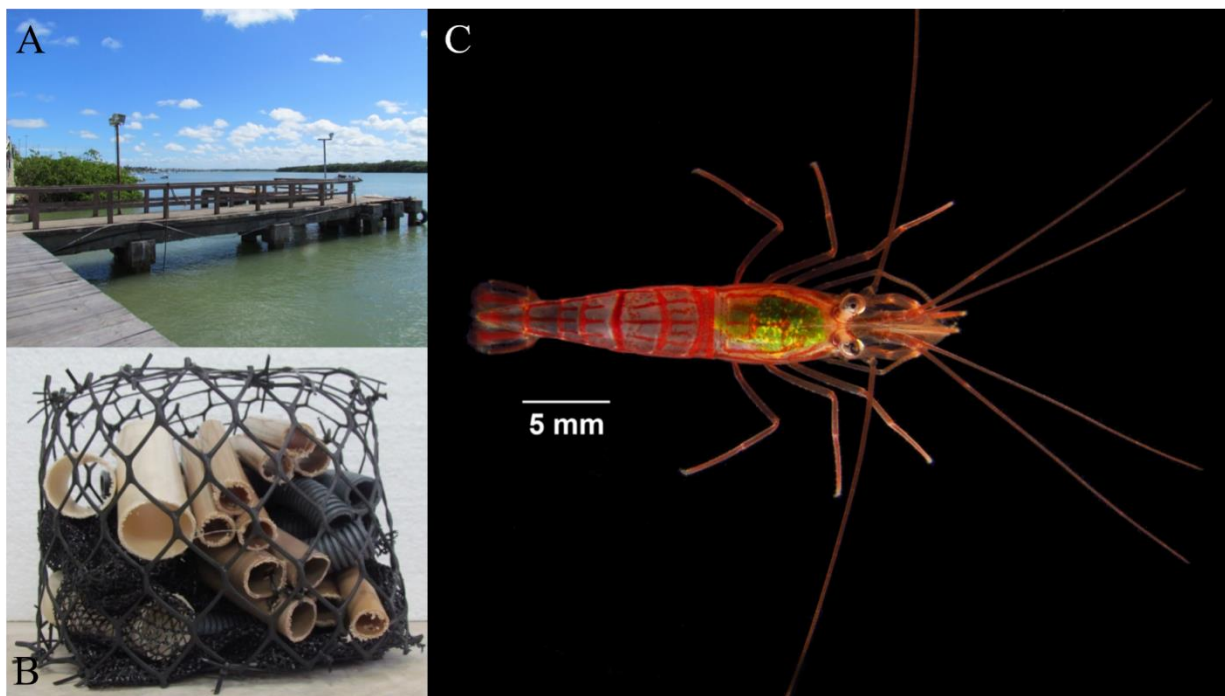
### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar os limites da vulnerabilidade nutricional e seus efeitos na mortalidade, no tempo de desenvolvimento larval e no tamanho final do cefalotórax (das larvas que atingiram a zoea III) a partir da alimentação inicial, seguido por inanição contínua em diferentes períodos de dias (experimento de Ponto de Saturação de Reserva – PSR);
- Indicar os limites e efeitos da vulnerabilidade nutricional na mortalidade, no tempo de desenvolvimento larval e no tamanho final do cefalotórax (das larvas que atingiram a zoea III) a partir da inanição inicial, seguido por alimentação contínua em diferentes períodos de dias (experimento de Ponto de Não Retorno – PNR).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta

Os exemplares de *Lysmata vittata* utilizados neste estudo foram coletados na região estuarina, próxima à foz, do rio Vaza-Barris, Aracaju, Sergipe (Figura 1 - A), no período entre janeiro e março de 2017. As coletas foram realizadas utilizando-se de “armadilhas de refúgio” (Figura 1 - B) que foram instaladas por meio de mergulho livre e, posteriormente, recuperadas após cerca de 15 dias para a obtenção dos camarões (Figura 1 – C). Tais armadilhas foram instaladas no sublitoral, em substratos consolidados colonizados por uma rica comunidade incrustante, representada por invertebrados tais como hidrozoários, antozoários, ostras, esponjas, ascídias e etc. Assim, em cada período amostral, nove armadilhas eram instaladas, e depois de 15 dias cada uma das armadilhas era recuperada e imediatamente triada para a obtenção dos exemplares de *L. vittata*.



**Figura 1** – A) Área amostral, píer da orla do pôr-do-sol na região do Mosqueiro, Aracaju, Sergipe. B) Modelo de Armadilha de Refúgio que foi utilizado neste estudo. C) Exemplar do camarão *Lysmata vittata* (Stimpson, 1860), objeto de estudo do presente trabalho.



Assim que cada exemplar foi capturado, o mesmo era individualizado em saco plástico contendo água do local de coleta e acondicionado em caixa térmica. Posteriormente, os exemplares coletados foram transportados para o Laboratório de Carcinologia, localizado no Campus de São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe, onde foram realizados os experimentos. No total, foram utilizados cinco exemplares na fase-hermafrodita portando ovos, dos quais as larvas foram distribuídas aleatoriamente entre os diferentes tratamentos.

Antes da acomodação dos espécimes, alguns ovos de cada hermafrodita foram retirados com o propósito de analisar, mediante a um estereomicroscópio óptico, o estágio em que os embriões se encontravam (através de ALVES *et al.*, in prep.), para ter conhecimento do dia em que os ovos poderiam vir a eclodir. Apenas os espécimes com embriões em fase final de desenvolvimento foram utilizados no estudo.

### **3.2 Manutenção dos exemplares adultos e obtenção das larvas**

Os exemplares coletados foram mantidos em tanques-rede em um aquário de 20L no qual foi instalado um filtro de espuma com temperatura e salinidades constantes similares ao ambiente natural (aproximadamente entre  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  controladas por um aquecedor submerso com termostato Hopar® H-606e 30 de salinidade). Esse aquário foi instalado em uma sala climatizada, assim, com a temperatura da água sendo mantida constante.

Os adultos foram alimentados diariamente com ração (Thera® New Life Spectrum). Foi acoplado a uma luminária para que as larvas, assim que eclodissem, por apresentarem fototaxia positiva, saíssem do tanque-rede onde exemplar hermafrodita estava sendo mantido, assim evitando que a hermafrodita se alimentasse de sua prole. As larvas eclodidas que aparentavam ser mais ativas, de acordo com sua motilidade, eram coletadas com o auxílio de uma pipeta de Pasteur e distribuídas aleatoriamente entre os tratamentos de cada um dos experimentos.

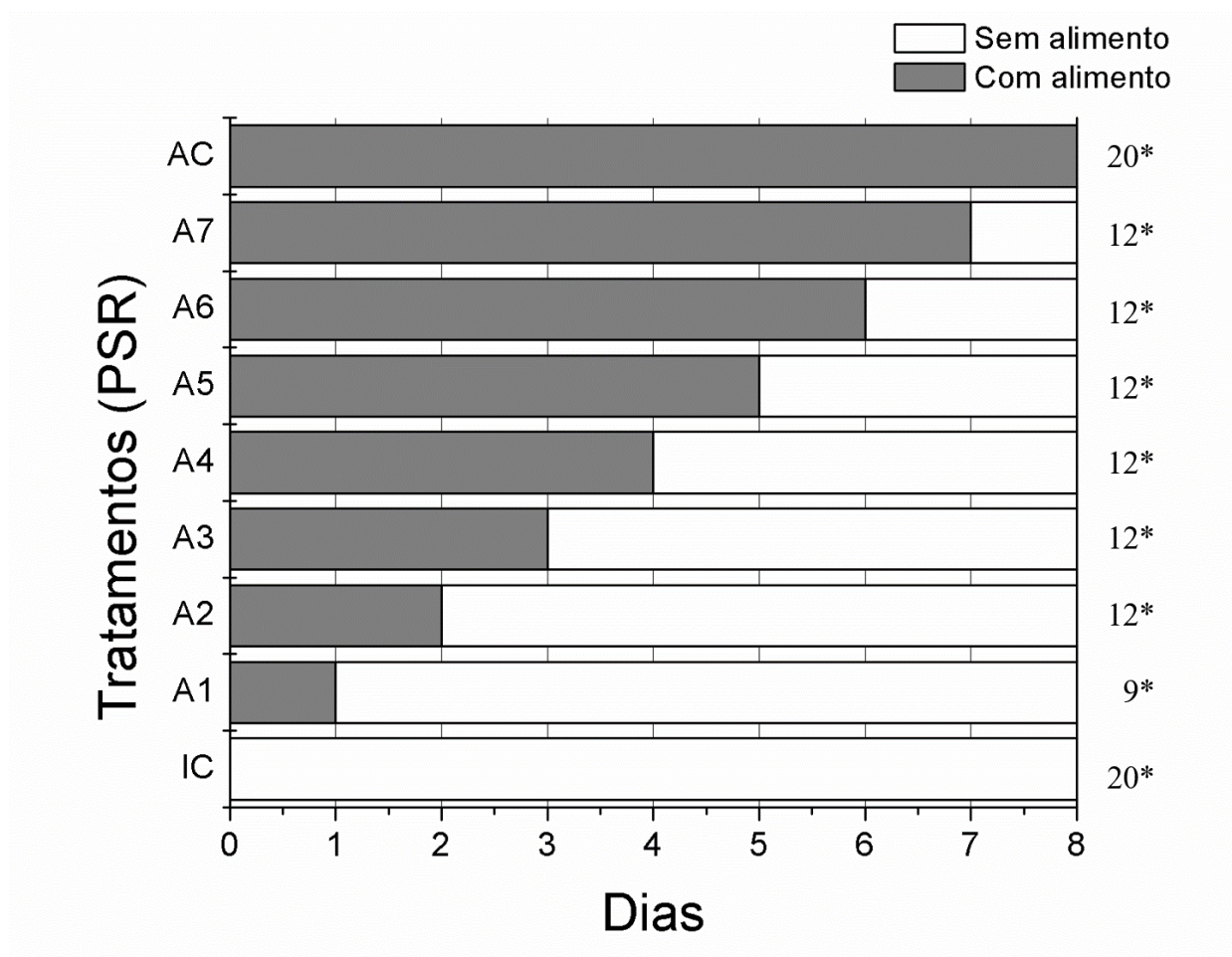
### **3.3 Preparação dos experimentos**

Os experimentos consistiram na exposição de larvas recém eclodidas de *L. vittata* a diferentes períodos de alimentação inicial seguidos de inanição contínua (PRS); e a diferentes períodos com inanição inicial seguidos de alimentação contínua (PNR) (GEBAUER *et al.*, 2010; PANTALEÃO *et al.*, 2015). Foram selecionadas ao total 205 larvas (provenientes de cinco hermafroditas diferentes) e foram mantidas individualmente em recipientes de vidro (100ml)

com aproximadamente 75ml de água nas mesmas condições de temperatura e salinidade citadas no tópico anterior. Os frascos (réplicas) foram mantidos em banho-maria, para que a temperatura fosse constante e igual entre as réplicas. Cada réplica era composta por uma única larva.

### **3.4 Experimento de Ponto de Saturação de Reserva (PRS)**

Para avaliar o ponto de saturação de reserva (PRS), as larvas foram distribuídas aleatoriamente para os seguintes tratamentos: sete períodos com tempos diferentes de alimentação inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, nomeados A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7) seguidos de ausência de alimento contínua (ver Figura 2). Além disso, houve dois grupos controle, um com alimentação contínua durante todos os dias (AC) e outro com inanição contínua (IC). Os espécimes eram alimentados de acordo com o tratamento ao qual estavam submetidos, com náupilos de *Artemia* recém-eclodidas. Diariamente, cada larva era colocada, uma por vez, em uma placa de Petri, para serem observadas quanto à mortalidade e o estágio no qual se encontravam (de acordo com Yang e Kim, 2010), com o auxílio de um estereomicroscópio óptico.

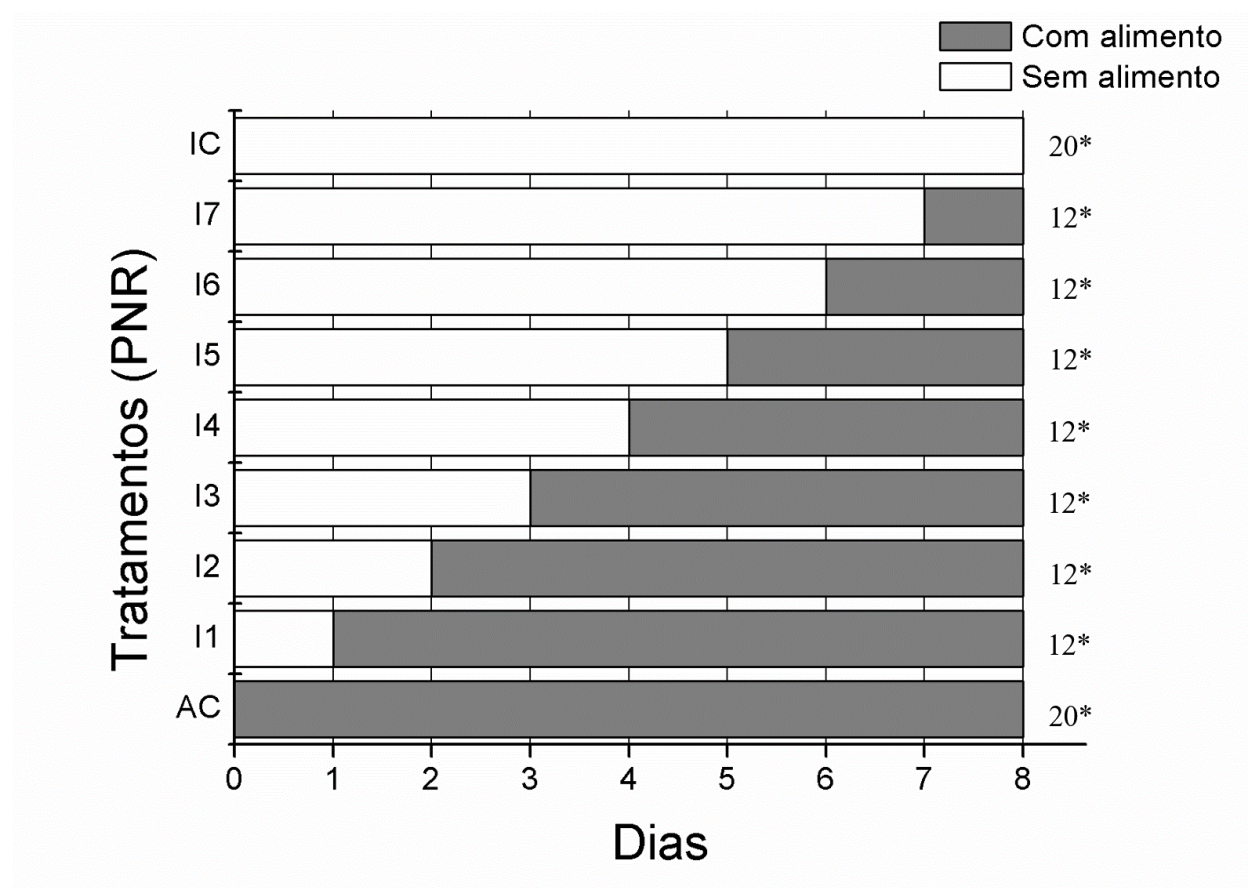


**Figura 2** – Esquema que indica o experimento de PRS, apresentando os dias de início da alimentação seguida de inanição contínua. IC = controle de inanição; AC = controle de alimentação; A1 - A7 = tratamentos com quantidade de dias em que as larvas foram alimentadas. \* referente ao número de réplicas utilizadas em cada tratamento.

O experimento teve duração máxima de oito dias, tempo máximo em que os espécimes eram expostos à inanição e à alimentação contínua de acordo com os tratamentos e grupos controle. As larvas eram retiradas do experimento antes desse período em caso de morte ou ao se desenvolverem para o terceiro estágio larval (zoea III - ZIII). Ao final dos oito dias, as larvas que continuaram no experimento eram conservadas em álcool etílico 70%, e o mesmo era feito com as que eram encontradas em óbito ou que alcançavam o estágio de ZIII ao longo do experimento. Posteriormente, foi medido o comprimento do cefalotórax (CC) das larvas em ZIII com a utilização de um estereomicroscópio óptico para estimar a média de tamanho final.

### 3.5 Experimento de Ponto de Não-Retorno (PNR)

Este experimento (PNR) foi desenvolvido sob as mesmas condições e com as mesmas quantidades de tratamentos do anterior (PRS), porém teve o objetivo contrário, avaliando-se o efeito de diferentes períodos de inanição inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, nomeados I1, I2, I3, I4, I5, I6 e I7) seguidos de alimentação contínua (ver Figura 3). Houveram também os mesmos grupos controle, com inanição contínua (IC) e com alimentação contínua (AC). Assim como no experimento anterior, diariamente, as larvas foram cuidadosamente colocadas em uma placa de Petri para observar a mortalidade e o estágio larval encontrado. Ao final do experimento, as larvas foram conservadas em álcool 70% e mediu-se o CC de cada, como descrito no tópico anterior.



**Figura 3** – Esquema que indica o experimento de PNR, apresentando os dias com inanição inicial seguida de alimentação contínua. AC = controle de alimentação; IC = controle de inanição; I1 - I7 = tratamentos com quantidade de dias em que as larvas ficaram sem alimento. \* referente ao número de réplicas utilizadas em cada tratamento.

### 3.6 Análises dos resultados

A influência da alimentação inicial com posterior inanição (PSR) e da inanição inicial seguida de alimentação contínua (PNR) na mortalidade das larvas, no tempo de duração dos estágios larvais analisados (ZI e ZII) e no tamanho das larvas que atingiram o estágio de ZIII foram comparados entre os tratamentos de cada experimento. Foi calculada a normalidade dos resultados utilizando o software Statistica 7, e devido ao resultado obtido pelos testes de normalidade, foi aplicado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis através do software PAST.

A tolerância à inanição foi quantificada através do PSR<sub>50</sub> (tempo necessário para que pelo menos 50% das larvas inicialmente alimentadas tenha a capacidade de se desenvolver através do uso de reservas endógenas acumuladas) e PNR<sub>50</sub> (tempo em que pelo menos 50% das larvas submetidas à inanição perca a capacidade de se recuperar do stress, terminando em morte). O PSR<sub>50</sub> e PNR<sub>50</sub> foram estimados por uma curva sigmoidal de Boltzmann, estimando a mortalidade pelo dia de alimentação ou inanição inicial, respectivamente, utilizando a fórmula:

$$M = (a_1 - a_2) / (1 + e^{(b-x)/c}) + a_2$$

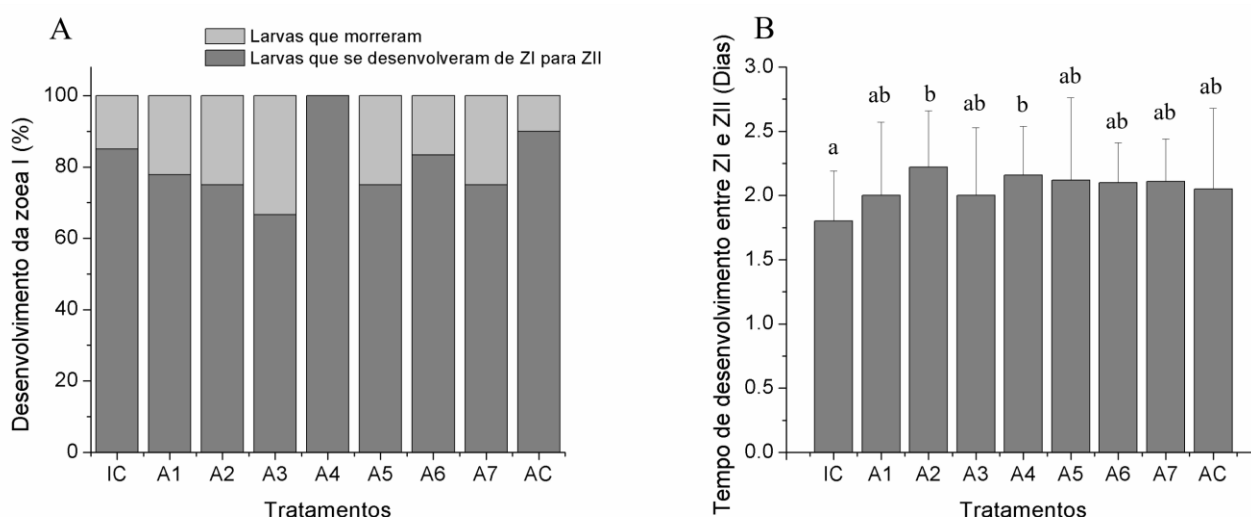
onde  $M$  é a porcentagem da mortalidade,  $a$ ,  $b$  e  $c$  são constantes, onde  $a_1$  é o valor inicial,  $a_2$  o valor final,  $b$  representa o PSR<sub>50</sub> ou o PNR<sub>50</sub>,  $c$  é a constante do tempo e  $x$  é a variável independente representada pelo tempo (dias) de início da alimentação (para PSR) ou do início da inanição (para PNR) (GEBAUER *et al.*, 2010; PANTALEÃO *et al.*, 2015; ESPINOSA-MAGANÇA, 2017).

Para determinar o nível de dependência de alimento exógeno nas larvas foi calculado o quociente entre o PSR<sub>50</sub> e o PNR<sub>50</sub>, como o Índice de Vulnerabilidade Nutricional (IVN). Valores próximos a zero indicam que as larvas são muito independentes de alimento exógeno (baixo PSR<sub>50</sub> e alto PNR<sub>50</sub>), enquanto que valores altos indicam alta dependência de alimento de fora (alto PSR<sub>50</sub> e baixo PNR<sub>50</sub>) (GEBAUER *et al.*, 2010). A proposta de Gebauer *et al.* (2010), inclui que:  $IVN \leq 0,5$  representa baixa dependência de suprimento exógeno (baixa vulnerabilidade nutricional);  $0,5 < IVN < 1,0$  demonstra um nível intermediário de dependência de comida;  $IVN \geq 1,0$  representa alta dependência de alimento exógeno (alta vulnerabilidade nutricional).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Experimento do PSR

Ao final do experimento, foi observado que grande parte das larvas (réplicas) completaram o primeiro estágio larval (zoea I – ZI), variando entre 66,6% (A3) e 100% (A4) de indivíduos que se desenvolveram para o segundo estágio (zoea II – ZII) (Figura 4 - A). O tempo necessário para o desenvolvimento de ZI para ZII variou em uma média ( $\pm$ DP) de  $1,82 \pm 0,39$  (AC) e  $2,22 \pm 0,44$  (A2) dias para ocorrer a primeira muda (Fig. 4B). Diferenças significativas na duração do estágio de ZI entre os tratamentos foi observado somente em IC vs. A2 (Kruskal-Wallis;  $p = 0,034$ ) e IC vs. A4 ( $p = 0,033$ ). A mortalidade apresentada durante o primeiro estágio variou entre 0 (A4) e 33,3% (A3), tendo nos grupos controles uma porcentagem de 15% (IC) e 10% (AC) (Tabela 1).

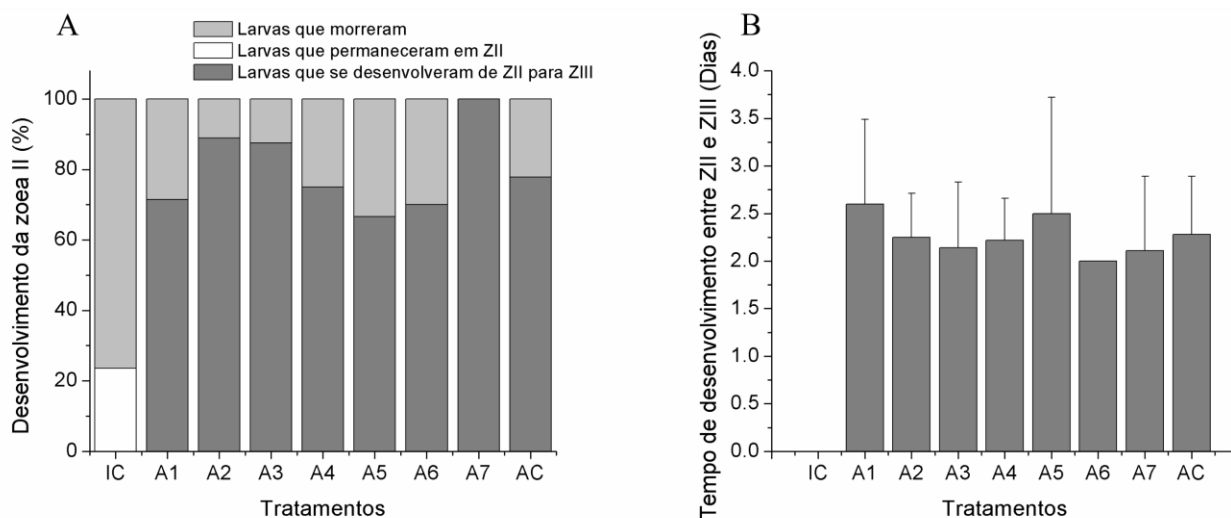


**Figura 4** – A) Desenvolvimento da zoea I (%) nos experimentos de PSR, indicando os indivíduos de *Lysemata vittata* que se desenvolveram para o próximo estágio (ZII) e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea I para a zoea II nos experimentos de PSR. Letras sobre os boxes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos.

**Tabela 1:** Mortalidade (%) no primeiro estágio larval (ZI), no segundo estágio (ZII) e total entre os diferentes tratamentos obtidos no experimento de Ponto de Saturação de Reserva (PSR) com as larvas de *L. vittata*.

<i>Tratamentos PSR</i>	<i>Mortalidade em ZI (%)</i>	<i>Mortalidade em ZII (%)</i>	<i>Mortalidade (%)</i>
<i>IC</i>	15,0	65,0	80,0
<i>A1</i>	22,2	22,2	44,4
<i>A2</i>	25,0	8,3	33,3
<i>A3</i>	33,3	8,3	41,6
<i>A4</i>	0	25,0	25,0
<i>A5</i>	25	25,0	50
<i>A6</i>	16,6	25,0	41,6
<i>A7</i>	25,0	0	25,0
<i>AC</i>	10,0	20,0	30,0

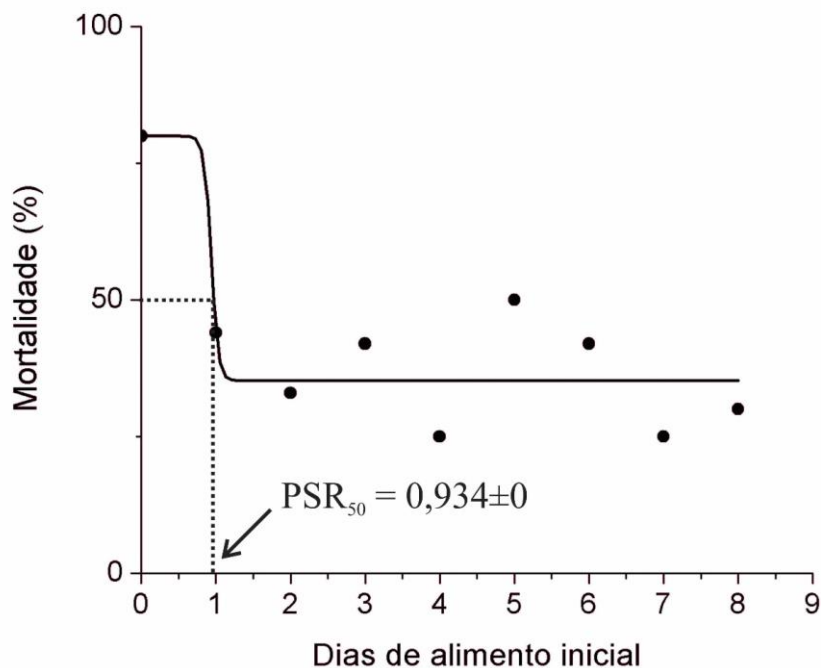
Em relação ao desenvolvimento do segundo estágio (ZII), entre 66,6% (A5) e 100% (A7) das larvas se desenvolveram para o terceiro estágio (zoea III - ZIII), necessitando de uma média ( $\pm$ DP) de  $2,0 \pm 0$  (A6) e  $2,6 \pm 0,89$  (A1) dias para se desenvolver de ZII e ZIII (Figura 5). Nos grupos controle, nenhum indivíduo do tratamento IC foi capaz de completar o seu desenvolvimento para a ZIII, enquanto que 77,7% das larvas de AC se desenvolveram de ZII para ZIII em  $2,2 \pm 0,6$  dias. Não houve diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p > 0,05$ ) entre os tratamentos em relação aos dias necessários para completar o segundo estágio. A mortalidade em ZII variou entre 0 (A7) e 65% (AC) (Tabela 1).



**Figura 5** – A) Desenvolvimento da zoea II (%) nos experimentos de PSR, indicando os indivíduos de *L. vittata* que se desenvolveram para o próximo estágio (ZIII), os que permaneceram no mesmo estágio e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea II para a zoea III nos experimentos de PSR.

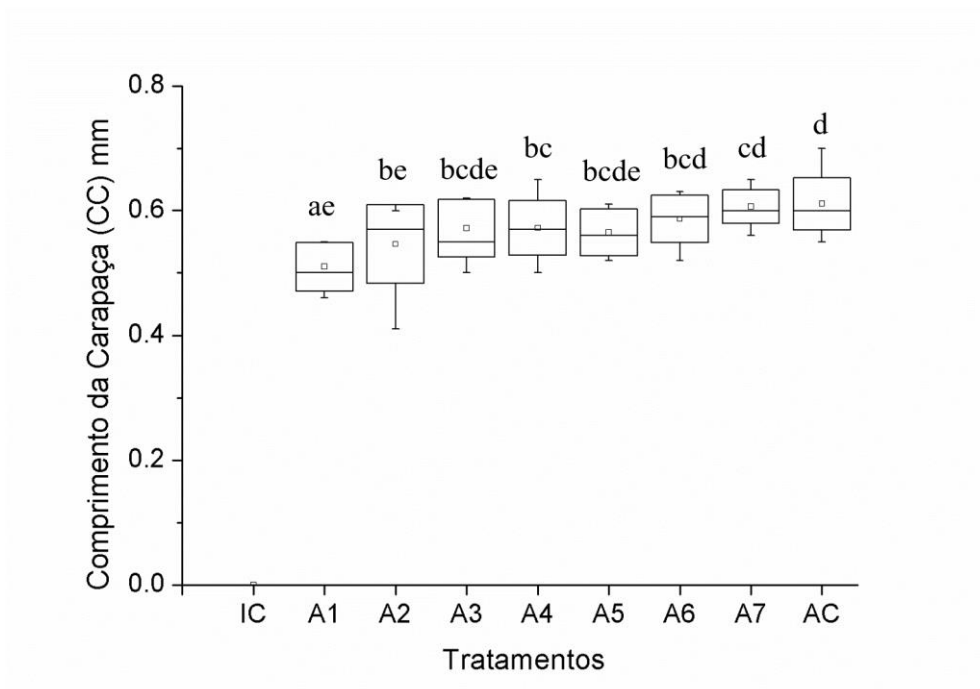
Nos experimentos de PSR, a mortalidade total variou entre 25% (tratamentos A4 e A7) e 80% (IC) (Tabela 1). O  $PSR_{50}$  para a espécie de *L. vittata* foi de  $0,934 \pm 0$  dias (Figura 6).



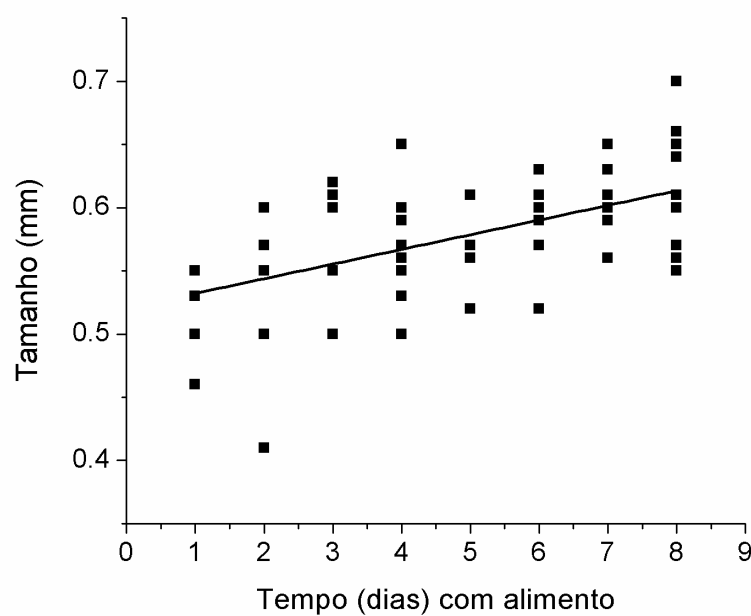


**Figura 6** – Curva sigmoideal (Boltzmann) em resposta a mortalidade (%) das larvas de *Lysmata vittata* de acordo com períodos de alimentação inicial antes da inanição contínua (PSR).

Os valores (mm) do tamanho da carapaça (CC) das larvas que atingiram ZIII variaram entre  $0,51 \pm 0,03$ mm (A1) e  $0,61 \pm 0,04$ mm (AC) (Figura 7). Diferenças significativas foram encontradas entre o tratamento A1 vs. A4 (Kruskal-Wallis,  $p = 0,043$ ), A1 vs. A6 ( $p = 0,042$ ), A1 vs. A7 (0,008), A1 vs. AC (0,004), A2 vs. A7 (0,016), A2 vs. AC (0,016) e A4 vs. AC (0,048). O tempo para a alimentação inicial mostrou relação significativa com o tamanho das larvas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,01$ ) (Figura 8)



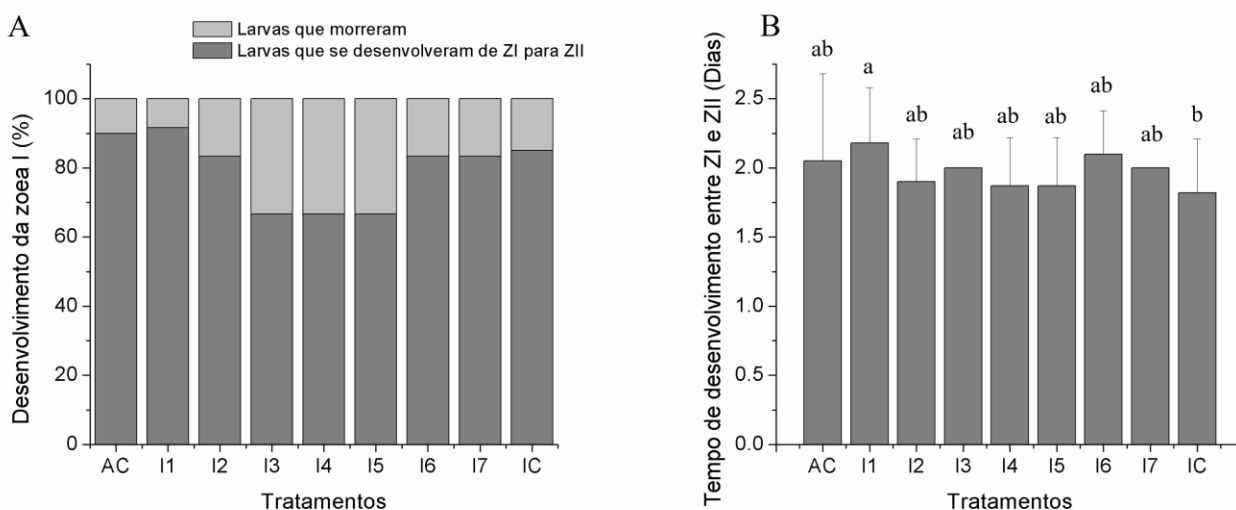
**Figura 7** - Valores médios ( $X \pm DP$ ) do comprimento da carapaça (CC) das larvas de *L. vittata* no estágio de zoea III em relação aos tratamentos no experimento de PSR. Letras sobre os boxes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos.



**Figura 8** – Regressão linear simples através da relação entre o tempo (dias) com a disponibilidade inicial de alimento e o tamanho das larvas de *L. vittata* em zoea III nos tratamentos de PSR.

## 4.2 Experimento do PNR

No experimento de PNR, entre 66,6% (I3, I4 e I5) e 91,6% (I1) das larvas completaram o estágio de ZI com uma média entre  $1,87 \pm 0,35$  dias (I4 e I5) e  $2,18 \pm 0,4$  dias (I1). Nos grupos controle, 90% das larvas em AC completaram o desenvolvimento de ZI em  $2,05 \pm 0,63$  dias e 85% do IC em  $1,8 \pm 0,39$  dias (Figura 9 - A e B). Diferença significativa na duração do estágio foi encontrada somente em I1 vs. IC (Kruskal-Wallis,  $p = 0,034$ ). A mortalidade em ZI variou entre 8,3% (I1) e 33,3% (I3, I4 e I5), e os grupos controles com mortalidade de 10% (AC) e 15% (IC) (Tabela 2).

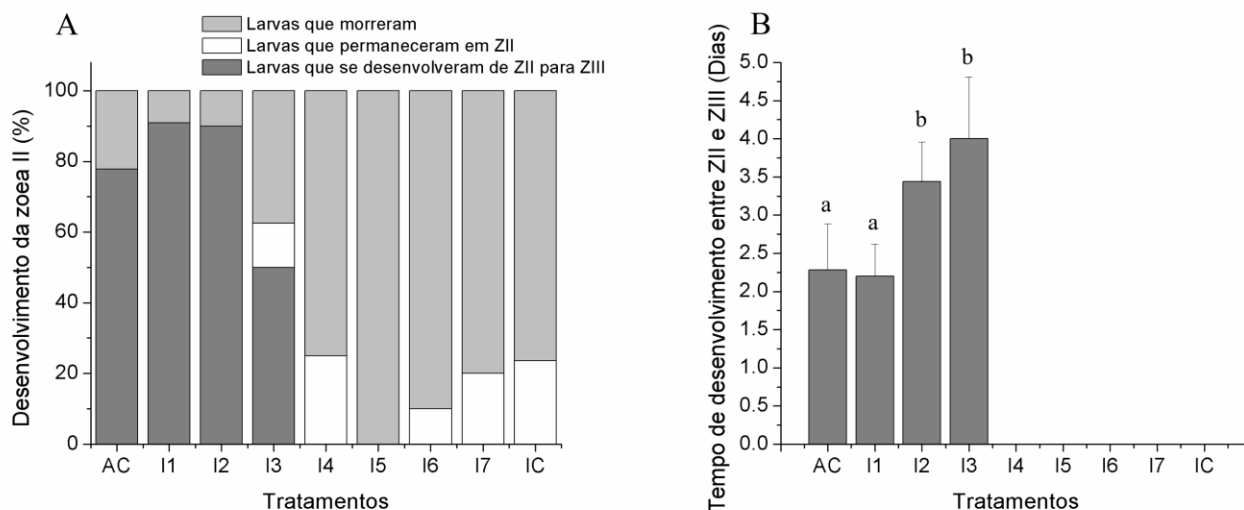


**Figura 9** —. A) Desenvolvimento da zoea I (%) nos experimentos de PNR, indicando os indivíduos de *L. vittata* que se desenvolveram para o próximo estágio (ZII) e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea I para a zoea II nos experimentos de PNR.

**Tabela 2:** Mortalidade (%) no primeiro estágio larval (ZI), no segundo estágio (ZII) e total entre os diferentes tratamentos obtidos no experimento de Ponto de Não-Retorno (PNR) com as larvas de *L. vittata*.

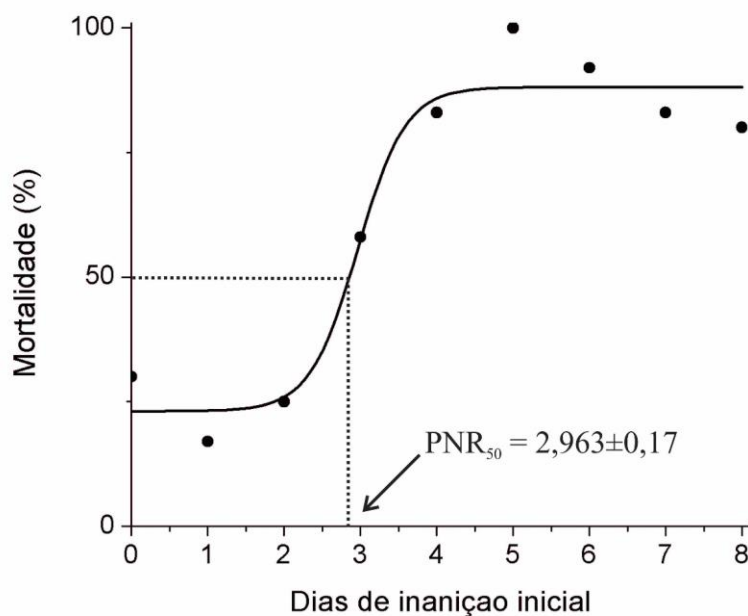
<i>Tratamentos PNR</i>	<i>Mortalidade em ZI (%)</i>	<i>Mortalidade em ZII (%)</i>	<i>Mortalidade (%)</i>
<i>AC</i>	10,0	20,0	30,0
<i>I1</i>	8,3	8,3	16,6
<i>I2</i>	16,7	8,3	25,0
<i>I3</i>	33,3	25,0	58,3
<i>I4</i>	33,3	50,0	83,3
<i>I5</i>	33,3	66,7	100,0
<i>I6</i>	16,6	75,0	91,6
<i>I7</i>	16,7	66,6	83,3
<i>IC</i>	15,0	65,0	80,0

Em ZII, apenas três tratamentos foram capazes de completar o desenvolvimento larval dentre eles os tratamentos I1, I2 e I3, com 90,9%, 90% e 50% dos indivíduos, respectivamente, e o controle AC com 77,7% (Figura 10 - A). O tempo de desenvolvimento da zoea II variou de  $2,2 \pm 0,42$  dias em I1,  $3,4 \pm 0,52$  em I2,  $4 \pm 0,81$  dias em I3 e  $2,28 \pm 0,61$  em AC (Figura 10 - B). Diferenças significativas foram encontradas entre os tratamentos AC vs. I2 (Kruskal-Wallis, 0,0005), AC vs. I3 ( $p = 0,002$ ), I1 vs. I2 ( $p = 0,0005$ ), I1 vs. I3 ( $p = 0,003$ ). Em ZII, a mortalidade variou entre 8,3% (I1 e I2) e 75% (I6), tendo nos controles uma porcentagem de 20% (AC) e 65% (IC).



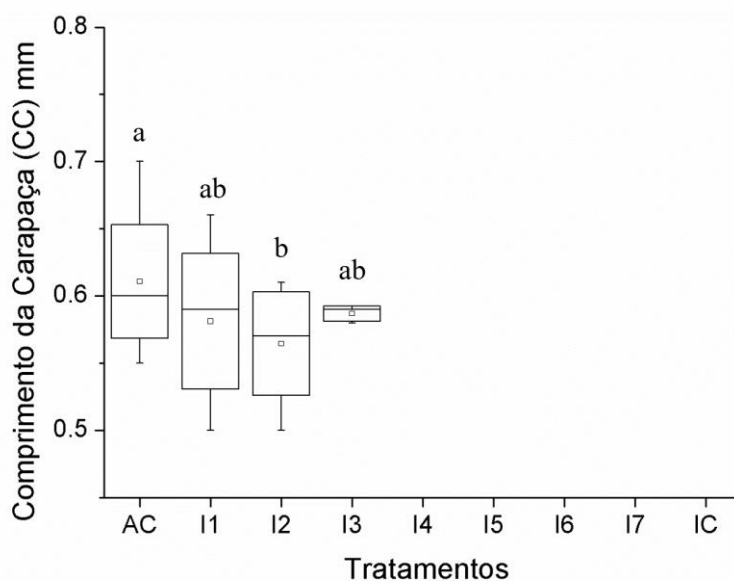
**Figura 10** – A) Desenvolvimento da zoea II (%) nos experimentos de PNR, indicando os indivíduos de *L. vittata* que se desenvolveram para o próximo estágio (ZIII), os que permaneceram no mesmo estágio e os que morreram sem completar o desenvolvimento; B) Tempo ( $X \pm DP$ ) necessário para o desenvolvimento da zoea II para a zoea III nos experimentos de PNR.

No experimento de PNR foi observado que a inanição inicial afeta significativamente a mortalidade nas larvas de *L. vittata*, visto que houve uma variação de 16,6% no tratamento I1 até 100% em I5 de larvas mortas (Tabela 2). A mortalidade no grupo controle IC mostrou-se alta, com 80%, em relação as larvas que foram constantemente alimentadas ( $AC = 30\%$ ). O  $PNR_{50}$  foi de  $2,963 \pm 0,179$  dias (Figura 11).

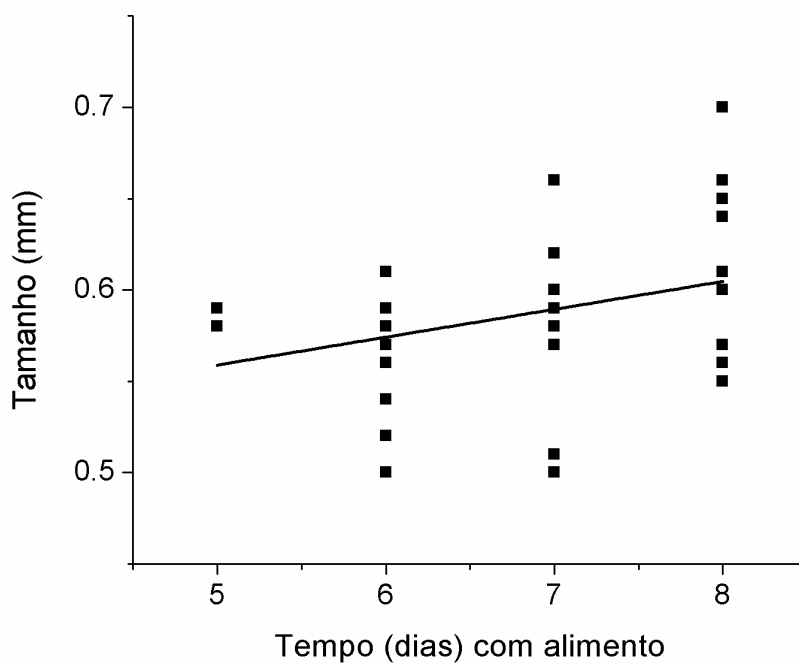


**Figura 11** – Curva sigmoidal (Boltzmann) em resposta a mortalidade (%) das larvas de *Lysmata vittata* de acordo com períodos de alimentação contínua após períodos de inanição (PNR).

Com relação ao tamanho do cefalotórax, apenas os tratamentos A1, A2 e A3 desenvolveram-se para a ZIII, com o CC de  $0,58 \pm 0,05$ ,  $0,56 \pm 0,03$  e  $0,587 \pm 0,005$  mm respectivamente (Figura 12). Em AC as larvas apresentaram-se pouco maiores, com  $0,61 \pm 0,04$  como visto no experimento anterior. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis) foram encontradas apenas nos tratamentos AC vs. I2 (Kruskal-Wallis,  $p = 0,037$ ). O tempo para a alimentação inicial mostrou relação significativa com o tamanho das larvas ( $p = 0,0078$ ) (Figura 13)



**Figura 12** – Valores médios ( $\bar{X} \pm DP$ ) do comprimento da carapaça (CC) das larvas no estágio de zoea III em relação aos tratamentos no experimento de PNR. Letras sobre os boxes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos.



**Figura 13** – Regressão linear simples através da relação entre o tempo (dias) com a disponibilidade inicial de alimento e o tamanho das larvas de *L. vittata* em zoea III nos tratamentos de PNR.

#### **4.3 Índice de Vulnerabilidade Nutricional (IVN)**

O Índice de Vulnerabilidade Nutricional para os estágios de zoea I e zoea II de *Lysmata vittata* foi de 0,315, o que sugere uma baixa dependência de alimento exógeno, ou seja, baixa vulnerabilidade nutricional.



## 5 DISCUSSÃO

No presente estudo foi visto que a inanição, mesmo que completa, não interfere na capacidade das larvas de *Lysmata vittata* em completar o primeiro estágio larval, e nem no tempo necessário para alcançar a primeira muda. Quando os ovos contêm uma reserva moderadamente boa, o primeiro estágio ganha uma capacidade maior de se manter independente de alimento inicial, tornando capaz o desenvolvimento da larva para o segundo estágio (ANGER, 2001). Observa-se um certo grau de Lecitotrofia Facultativa Primária (LFP) nas larvas pós-eclodidas de *L. vittata*, apesar de serem larvas planctotróficas. O contrário foi visto em algumas espécies de *Lysmata* como *L. amboinensis* (DE MAN, 1888) e *L. debelius* Bruce, 1983 (CALADO *et al.*, 2007) que confirmaram ausência de LFP e que, igualmente com espécies de outros gêneros como *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (GUERAO *et al.*, 2012) e *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758) (PASCHKE *et al.*, 2004), se mostraram inteiramente planctotróficas, necessitando se alimentar para concluir o primeiro estágio larval. Porém, larvas de *Lysmata boggesi* Rhyne e Lin, 2006 e *L. seticaudata* (Risso, 1816) realizaram a primeira muda com sucesso mesmo submetidos à inanição completa (CALADO *et al.*, 2007), e essa característica pode ser reflexo de uma adaptação das espécies ou de certas populações a viverem em ambientes com baixa densidade de presas, fazendo com que as reservas endógenas sejam suficientes para as mudanças fisiológicas iniciais (THESSALOU-LEGAKI *et al.*, 1990). A lecitotrofia é uma adaptação comum em organismos de água com temperaturas mais baixas e altas latitudes (ANGER *et al.*, 2004) devido à grande sazonalidade da produção de plânctons neste tipo de ambiente, resultando em uma menor disponibilidade de alimento (THATJE *et al.*, 2003; ANGER *et al.*, 2004; THATJE *et al.*, 2005; CALADO *et al.*, 2007). Portanto, a possibilidade do *L. vittata* possuir a lecitotrofia facultativa pode ter permitido a esta espécie de também poder ocupar ambientes de alta latitude (ver MARIN *et al.*, 2011).

Em *Lysmata vittata* a maior parte dos espécimes foi capaz de desenvolver do estágio de zoea I para zoea II sem afetar muito a sobrevivência e a duração do primeiro estágio ( $\pm 2$  dias), mesmo submetido à inanição completa (IC). A breve disponibilidade de alimento no experimento de PSR não mostrou muitas diferenças em relação à sobrevivência, e pouca diferença no tempo do desenvolvimento das larvas para a zoea II. Essas diferenças foram observadas somente nos tratamentos submetidos a um ou dois dias de alimento (A1 e A2). Em

*Sesarma curacaoense* De Man, 1982, também foi observado que uma breve disponibilidade de alimento durante a zoea I não apresentou efeitos significativos no desenvolvimento, visto que a zoea I possui uma boa reserva endógena oriunda de vitelo; além disso, quando há alimento disponível, a larva acumula energia adicional, aumentando as chances de sobrevivência e desenvolvimento em caso de uma possível inanição, causando retardo no desenvolvimento caso haja uma posterior ausência de alimento (ANGER, 1995b).

Em relação ao desenvolvimento da lava em zoea II para o estágio de zoea III, no experimento de PSR observou-se que a muda da zoea II para a zoea III ocorreu em todos os tratamentos, mesmo os que receberam alimento apenas no primeiro dia pós-eclosão. Isso pode ser possível devido a uma reserva energética criada a partir do alimento capturado durante a zoea I denominada Lecitotrofia Facultativa Secundária (*Facultative Secondary Lecithotrophy*) ou LFS, fazendo com que essa reserva seja catabolizada durante a inanição sofrida na zoea II, permitindo com que a maioria das larvas avancem para o terceiro estágio (CALADO *et al.*, 2007). Resultados semelhantes foram apresentados por outras espécies de decápodos como *Sesarma cinereum* (Bosc, 1802) e *S. reticulatum* (Say, 1817) (STATON; SULKIN, 1991).

Porém, nos experimentos de PNR, ao alcançarem o estágio de zoea II, após certo período de ausência de alimento, houve um desenvolvimento um pouco mais lento e a depender do tempo de inanição, era resultado em morte. Anger (1987) explica que as reservas acumuladas podem não ser suficientes para um período crítico durante o período de muda ( $D_0$ ), podendo resultar no atraso do desenvolvimento e/ou em morte. De acordo com Anger e Spindler (1987), larvas de zoea II proveniente de uma zoea I submetida à inanição pode conter menos da metade da biomassa e energia encontrada em espécimes continuamente alimentados, e o desenvolvimento prolongado atua como um mecanismo de compensação parcial da perda de energia. Resultados com atraso no desenvolvimento larval atribuídos a alimentação também foram documentados em outras espécies de crustáceos decápodos como *Sesarma curacaoense* (ANGER, 1995b), *Crangon crangon* (PASCHKE *et al.*, 2004), *Mithraculus forceps* (A. Milne Edwards, 1875) (FIGUEIREDO *et al.*, 2008), *Petrolisthes laevigatus* (Guérin, 1835) (GEBAUER *et al.*, 2010) e *Cherax quadricarinatus* (Von Martens) (STUMPF *et al.*, 2010; STUMPF *et al.*, 2011).

A taxa de mortalidade foi pouco afetada nos indivíduos submetidos a alimentação inicial com inanição posterior, visto que grande parte (com exceção de poucos que morreram cedo) se

desenvolveu para o estágio de ZII e logo em seguida para ZIII. A porcentagem de morte foi bastante similar entre os tratamentos, com um menor número de mortes no tratamento A7, que recebeu alimento pela maior quantidade de tempo, e seu valor foi semelhante ao encontrado no grupo controle AC. Semelhante foi visto no decapoda *S. curacaoense*, no qual o padrão de sobrevivência foi visivelmente influenciado pelo período em que o alimento foi disponível, mostrando maior sobrevivência nos tratamentos ao passo que aumentava o período de alimentação inicial (ANGER, 1995). A mortalidade foi mais observada no experimento de PNR, em que as larvas de ZII, quando submetidas à longos períodos de inanição, não resistem à falta de alimento e morrem. No entanto, larvas em ZI submetidas à inanição não apresentaram grande mortalidade. Em *Panulirus cygnus* (George, 1962), também foi observado que as larvas submetidas à falta de alimento por um período de tempo maior apresentavam maior mortalidade (LIDDY *et al.*, 2003). A alimentação tardia, que resulta em baixos níveis de energia, diminui a sobrevivência de acordo com o aumento da inanição (DAWIRS, 1984).

De acordo com os resultados obtidos, foi observado a baixa dependência de alimento exógeno do *L. vittata*, visto que o baixo valor do  $PSR_{50}$  e alto  $PNR_{50}$  demonstraram um baixo índice de vulnerabilidade nutricional (IVN). O mesmo padrão foi visto em espécies como *Maja brachydactyla* com  $IVN = 0,67$  (GUERAO *et al.*, 2012) *Neocardina davidi* (Bouvier, 1904) com  $IVN = 0$  (PANTALEÃO *et al.*, 2015) e *Crangon crangon* com  $IVN = 0,21$  no inverno e  $0,46$  no verão (PASCHKE *et al.*, 2004). Todas essas larvas apresentaram boas tolerâncias à inanição inicial, com baixa ou intermediária vulnerabilidade nutricional.

O comprimento da carapaça das larvas mostrou-se afetado pela disponibilidade de alimento, visto que indivíduos que receberam alimento durante poucos dias apresentaram o CC menor em relação aos que receberam alimento por períodos maiores de tempo. A restrição na alimentação também afetou negativamente o crescimento de *Necaridina davidi*, mostrando que as larvas que foram constantemente alimentadas apresentaram CC maior em relação aos grupos pouco alimentados ou sem alimentação (PANTALEÃO *et al.*, 2015). Uma explicação que pode ser dada devido a estes fatos é que à medida que o período de inanição aumenta, a eficiência das atividades alimentares diminui fazendo com que as reservas não sejam bem absorvidas ou acumuladas resultando em larvas menores, mesmo que sejam realimentadas posteriormente por um longo período (LIDDY *et al.*, 2003). Em larvas mal alimentadas as reservas de energia são menores do que o exigido para o crescimento normal (STUMPF *et al.*, 2010). Figueiredo *et al.*

(2008) mostra baseado em outros estudos que a larva prioriza sua energia para respectivamente a sobrevivência, a muda e o crescimento, visto que em condições ótimas a larva cresce, e em condições razoáveis a larva sobrevive e sofre muda, porém não cresce muito.

Os efeitos da inanição em larvas recém-eclodidas não seguem um padrão uniforme dentro do gênero *Lysmata*, mas possuem variabilidades interespecíficas significantes (CALADO *et al.*, 2007). Foi observado durante esse estudo a presença da Lecitotrofia Facultativa Primária (LFP) nas larvas de *L. vittata*, e outras espécies do gênero *Lysmata* também já foram documentadas com tal condição, como *L. boggei* e *L. seticaudata*, ambas pertencentes ao grupo dos “peppermint”, no qual costumam viver em grupos (Calado *et al.*, 2007). O contrário foi visto nas espécies que vivem em pares (“cleaners”), como *L. amboinensis* e *L. debelius*, que não apresentam o LFP e são obrigatoriamente planctotróficas (CALADO *et al.*, 2007). Há uma proposta de que a planctotrofia é uma característica ancestral em relação à lecitotrofia, na qual o ancestral comum dos grupos de *Lysmata* possuíam características planctotróficas, sendo provavelmente evoluídos em ambientes oligotróficos e tendo que também conviver com a baixa abundância de presas (CALADO *et al.*, 2008). De acordo com a distribuição das larvas planctotróficas, constata-se que a capacidade de planctotrofia das larvas pode ser mais facilmente perdida do que ganha (mas não prova que são inflexíveis), sendo mais fácil desenvolver estratégias lecitotróficas do que voltar a ser planctotrófico obrigatório (STRATHMANN, 1978).

Os resultados obtidos corroboram com o padrão apresentado por Calado *et al.* (2007), visto que o *L. vittata*, por estar incluso no grupo dos camarões bailarinos, apresentou as mesmas condições que foram descritas previamente para os indivíduos do mesmo grupo. O aumento no número de espécies estudadas nessa área pode colaborar para um maior entendimento sobre as características alimentares evolutivas de crustáceos decápodos em estudos futuros, visto que espécimes de *Lysmata* podem representar um modelo de estudo sobre a dependência de alimento exógeno nas fases iniciais do seu ciclo de vida.

## 6. CONCLUSÃO

Através de experimentos de Ponto de Saturação de Reserva (PSR) e Ponto de Não-Retorno (PNR), foi possível estimar as consequências geradas pela inanição em diferentes períodos dos primeiros estágios larvais de *Lysmata vittata*. Tanto a mortalidade, o tempo de desenvolvimento e o tamanho do cefalotórax das larvas foram afetados em algum ponto pela falta de alimentação. Porém, as larvas apresentaram um fator chamado Lecitotrofia Facultativa Primária (LFP), onde foram capazes de completar o primeiro estágio larval sem a aquisição de alimento exógeno. O baixo Índice de Vulnerabilidade Nutricional (IVN) também serviu para indicar a baixa vulnerabilidade nutricional dos espécimes. O segundo estágio larval (ZII) foi o mais afetado, apresentando maior mortalidade e uma prolongação na duração do estágio, principalmente nos tratamentos de PNR submetidos a maiores tempos de inanição inicial, onde a maioria dos tratamentos não chegaram a completar o estágio de ZII. Foi visto também uma correlação entre a quantidade de dias a receber o alimento inicial e o tamanho das larvas, visto que as larvas que foram constantemente alimentadas apresentaram o comprimento do cefalotórax maior em relação aos grupos pouco alimentados. A presença do LFP nas larvas de *L. vittata* corroboraram com o padrão descrito por Calado *et al.* (2007), na qual os espécimes de *Lysmata* que costumam viver em grupo (bailarinos) possuem a condição de LFP, enquanto que as espécies viventes em pares (limpadores) não apresentam tais condições.

Esses resultados são importantes para o maior entendimento sobre a dependência por alimentos endógenos e exógenos dos primeiros estágios larvais de *L. vittata* e também para se ter uma ideia sobre o tipo de ambiente em que costumam viver. Além disso, por ser de interesse ornamental, pode gerar informações úteis para o estabelecimento de protocolos de cultivos para tentar promover o cultivo sustentável desta espécie e reduzir o impacto causado ao meio ambiente durante a sua coleta.

## REFERÊNCIAS

ANGER, K. The D<sub>0</sub> threshold: a critical point in the larval development of decapod crustaceans. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 109, p. 15-30, 1987.

ANGER, K. The conquest of freshwater and land by marine crabs: adaptations in life-history patterns and larval bioenergetics. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 193, p. 119-145, 1995a.

ANGER, K. Starvation resistance in larvae of semiterrestrial crab, *Sesarma curacaoense* (Decapoda: Grapsidae). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 187, p. 161-174, 1995b.

ANGER, K. The biology of decapods crustacean larvae. **Crustacean issues**, v. 14, A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, 420pp, 2001.

ANGER, K. Contributions of larval biology to crustacean research: a review. **Invertebrate Reproduction and Development**, v. 49, n. 3, p. 175-205, 2006.

ANGER, K.; DAWIRS, R.R. Influence of starvation on the larval development of *Hyas araneus* (Decapoda, Majidae). **Helgolander Meeresuntersuchungen**, v. 34, p. 287-311, 1981. \*

ANGER, K.; DAWIRS, R.R.; ANGER, V.; GOY, J.W.; COSTLOW, J.D. Starvation resistance in first stage of zoeae of brachyuran crabs in relation to temperature. **Journal of Crustacean Biology**, v. 1(4), p. 518-525, 1981.

ANGER, K.; LOVRICH, G.A.; THATJE, S.; CALCAGNO, J.A. Larval and early juvenile development of *Lithodes santolla* (Molina, 1782) (Decapoda: Anomura: Lithodidae) reared at different temperatures in the laboratory. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 306, p. 217-230, 2004.

ANGER, K.; SPINDLER, K.-D. Energetics, moult cycle, and ecdysteroid titers in spider crab (*Hyas araneus*) larvae starved after the D<sub>0</sub> threshold. **Marine Biology**, v. 94, p. 367-375, 1987.

ANKER, A.; BAEZA, J.A.; GRAVE, S. A new species of *Lysmata* (Crustacea, Decapoda, Hippolytidae) from the Pacific coast of Panama, with observations of its reproductive biology. **Zoological Studies**, v. 48, n. 5, p. 682-692, 2009.

BAEZA, J.A. Molecular systematics of peppermint and cleaner shrimps- phylogeny and taxonomy of the genera *Lysmata* and *Exhippolysmata* (Crustacea: Caridea: Hippolytidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 160, p. 254-265, 2010.

BAEZA, J.A. Molecular phylogeny of broken-back shrimps (genus *Lysmata* and allies): A test of the “Tomlinson-Ghiselin” hypothesis explaining the evolution of hermaphroditism. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 69, p. 46-62, 2013.

BAEZA, J.A.; BOLAÑOS, J.A.; HERNANDEZ, J.E.; LÓPEZ, R. A new species of *Lysmata* (Crustacea, Decapoda, Hippolytidae) from Venezuela, southeastern Caribbean sea. **Zootaxa**, v. 2240, p. 60-68, 2009.

BAUER, R.T. Same sexual system but variable sociobiology: evolution of protandric simultaneous hermaphroditism in *Lysmata* shrimps. **Integrative and Comparative Biology**, v. 46, n. 4, p. 430-438, 2006.

BAUER, R.T.; Holt, G.J. Simultaneous hermaphroditism in the marine shrimp *Lysmata wurdemanni* (Caridea: Hippolytidae): an undescribed sexual system in the decapod Crustacea. **Marine Biology**, v. 132, p. 223-235, 1998.

CALADO, R. Marine ornamental shrimp: Biology, aquaculture and conservation. Ricardo Calado – 1<sup>st</sup> ed, 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**, v. 283, p. 56-63, 2008.

CALADO, R.; DIONÍSIO, G.; DINIS, M.T. Starvation resistance of early zoeal stages of marine ornamental shrimps *Lysmata* spp. (Decapoda, Hippolytidae) from different habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 351, p. 226-233, 2007.

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**, v. 245, p. 221-237, 2005.

CALADO, R.; LIN, J.; RHYNE, A.L.; ARAÚJO, R.; NARCISO, L. Marine ornamental decapods – popular, pricey and poorly studied. **Journal of Crustacean Biology**, v. 23, n.4, p. 963-973, 2003b.

CALADO, R.; NARCISO, L.; MORAIS, S.; RHYNE, A.L.; LIN, J. A rearing system for the culture of ornamental decapod crustacean larvae. **Aquaculture**, v. 218, p. 329-339, 2003a.

CORBIN. Marine Ornamentals '99, conference highlights and priority recommendations. **Aquarium Sciences and Conservation**, v. 3, p. 3-11, 2001.

DAWIRS, R. R. Influence of starvation on larval development of *Carcinus maenas* L. (Decapoda: Portunidae). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 80, p. 47-66, 1984.

DE GRAVE, S.; FRANSEN, C.H.J.M. The Recent Species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procaridean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). **Zool. Med. Leiden**, v. 85, p. 195-587, 2011.

ESPINOSA-MAGAÑA, A.; LOZANO-ÁLVAREZ, E.; BRIONES-FOURZÁN, P. Resistance to starvation of first-stage juveniles of the Caribbean spiny lobster. **PeerJ**, v. 5, e. 2852, 2017.

FIGUEIREDO, J.; PENHA-LOPES, G.; NARCISO, L.; LIN, J. Effect of starvation during late megalopa stage of *Mithraculus forceps* (Brachyura: Majidae) on larval duration, synchronism of metamorphosis, survival to juvenile and newly metamorphosed juvenile size. **Aquaculture**, v. 274, p. 175-180, 2008.

GEBAUER, P.; PASCHKE, K.; ANGER, K. Seasonal variation in the nutritonal vulnerability of first-stage larval porcelain crab, *Petrolisthes laevigatus* (Anomura, Porcellanidae) in southern Chile. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 386, p. 103-112, 2010.



GUERAO, G.; SIMEÓ, C.G.; ANGER, K.; URZÚA, Á.; ROTLLANT, G. Nutritional vulnerability of early zoea larvae of the crab *Maja brachydactyla* (Brachyura, Majidae). **Aquatic Biology**, v. 16, p. 253-264, 2012.

LARKIN, S.L.; DEGNER, R.L. The U.S. wholesale market for marine ornamentals. **Aquarium Sciences and Conservation**, v. 3, p. 13-24, 2001.

LIN, J. Marine Ornamental Shrimp: Aquaculture, Biology and Conservation (ABC). **Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, 56<sup>th</sup>, 2005.

LIDDY, G.C.; PHILLIPS, B.F.; MAGUIRE, G.B. Survival and growth of instar 1 phyllosoma of the western rock lobster, *Panulirus cygnus*, starved before or after periods of feeding. **Aquaculture International**, v. 11, p. 53-67, 2003.

MARIN, I. N.; KORN, O.M.; KORNIENO, E.S. The caridean shrimp *Lysmata vittata* (Stimpson, 1860) (Decapoda: Hippolytidae): A new species for the fauna of Russia. **Russian Journal of Marine Biology**, v. 38, n. 4, p. 359-363, 2012.

PACHELLE, P.P.G.; ANKER, A.; MENDES, C.B.; BEZERRA, L.E.A. Decapod crustaceans from the state of Ceará, northeastern Brazil: an update checklist of marine and estuarine species, with 23 new records. **Zootaxa**, v. 4131 n. 1, p. 001-063, 2016.

PANTALEÃO, J.A.F.; BARROS-ALVES, S.P.; TROPEA, C.; ALVES, D.F.R.; NEGREIROS-FRANSOZO, M.L.; LÓPEZ-GRECO, L.S. Nutritional vulnerability in early stages of the freshwater ornamental “red cherry shrimp” *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) (Caridea: Atyidae). **Journal of Crustacean Biology**, p. 1-6, 2015.

PASCHKE, K.A.; GEBAUER, P.; BUCHHOLZ, F.; ANGER, K. Seasonal variation in starvation resistance of early larval North Sea shrimp *Crangon crangon* (Decapoda: Crangonidae). **Marine Ecology Progress Series**, v. 279, p. 183-191, 2004.

ROTLLANT, G.; MOYANO, F.J.; ANDRÉS, M.; ESTÉVEZ, A.; DÍAZ, M.; GISBERT, R. Effect of delayed first feeding on larval performance of the spider crab *Maja brachydactyla* assessed by digestive enzymes activities and biometric parameters. **Marine Biology**, v. 157, p. 2215-2227, 2010.

SOLEDADA, G.; BAEZA, J.A.; BOEHS, G.; SIMÕES, S.M.; SANTOS, P.S.; DA COSTA, R.C.; ALMEIDA, A.O. Precautionary tale when describing species in a world of invaders: morphology, coloration and genetics demonstrate that *Lysmata rauli* is not a new species endemic to Brazil but a junior synonym of the Indo-Pacific *L. vittata*. **Journal of Crustacean Biology**, v. 33, n. 1, p. 66-77, 2013.

STATON, J.L.; SULKIN, S.D. Nutritional requirements and starvation resistance in larvae of the brachyuran crabs *Sesarma cinereum* (Bosc) and *S. reticulatum* (Say). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 152, p. 271-284, 1991.

STRATHMANN, R. R. The evolution and loss of feeding larval stages of marine invertebrates. **Evolution**, v. 32, n. 4, p. 894-906, 1978.

STUMPF, L.; CALVO, N.S.; DÍAZ, F.C.; VALENTI, W.C.; LÓPEZ-GRECO, L.S. Effect of intermittent feeding on growth in early juveniles of the crayfish *Cherax quadricarinatus*. **Aquaculture**, v. 319, p. 98-104, 2011.

STUMPF, L.; CALVO, N.S.; PIETROKOVSKY, S.; LÓPEZ-GRECO, L.S. Nutritional vulnerability and compensatory growth in early juveniles of the “red claw” crayfish *Cherax quadricarinatus*. **Aquaculture**, v. 304, p. 34-41, 2010.

SUBASINGHE, R.P. Epidemiological approach to aquatic animal health management - opportunities and challenges for developing countries to increase aquatic production through aquaculture. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 67, p. 117-124, 2005.

THATJE, S.; ANGER, K.; CALCAGNO, J.A.; LOVRICH, G.A.; PÖRTNER, H.; ARNTZ, W.E. Challenging the cold: crabs reconquer the Antarctic. **Ecological Society of America**, v. 86, p. 619-625, 2005.

THATJE, S.; CALCAGNO, J.A.; LOVRICH, G.A.; SARTORIS, F.J.; ANGER, K. Extended hatching periods in the subantarctic lithodid crabs *Lithodes santolla* and *Paralomis granulosa* (Crustacea: Decapoda: Lithodidae). **Helgoland Marine Research**, 57:0145, 2003.

THESSALOU-LEGAKI, M.; PEPPA, A.; ZACHARAKI, M. Facultative lecithotrophy during larval development of the burrowing shrimp *Callinassa tyrrhena* (Decapoda - Callinassidae). **Marine Biology**, v. 133, p. 635-642, 1999.

TLUSTY, M. The benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. **Aquaculture**, v. 205, p. 203-219, 2002.

VANCE, R.R. On reproductive strategies in marine benthic invertebrates. **The American Naturalist**, v. 107, n. 355, p. 339-352, 1973.

VOGT, G.; STORCH, V.; QUINTIO, E.T.; PASCUAL, F.P. Midgut gland as monitor organ for the nutritional value of diets in *Penaeus monodon* (Decapoda). **Aquaculture**, v. 46, p. 1-12, 1985.

WOOD, E. Global advances in conservation and management of marine ornamental resources. **Aquarium Sciences and Conservation**, v. 3, p. 65-77, 2001.

YANG, H.J.; KIM, C.H. Zoeal stages of *Lysmata vittata* (Decapoda: Caridea: Hippolytidae) reared in the laboratory. **Korean J. Syst. Zool.**, v. 26, n. 3, p. 261-278, 2010.

YIN, M.C.; BLAXTER, H.S. Feeding ability and survival during starvation of marine fish larvae reared in the laboratory. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.105, p. 73-83, 1987.