

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATHALIA HESPANHOL ELIAS

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE PRIMEIRA ALIMENTAÇÃO EM PARALARVAS DE  
*Octopus vulgaris*, SUBMETIDAS A DIFERENTES DIETAS**

PONTAL DO PARANÁ

2015

NATHALIA HESPANHOL ELIAS

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE PRIMEIRA ALIMENTAÇÃO EM PARALARVAS DE  
*Octopus vulgaris*, SUBMETIDAS A DIFERENTES DIETAS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos.

Orientador: Dr.<sup>a</sup> Erica Alves Gonzalez Vidal

Co-Orientador: Dr. José Guilherme Bersano Filho

PONTAL DO PARANÁ

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE:  
UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar  
Lilium Maria Orquiza - CRB-9/712

E42a Elias, Nathalia Hespanhol  
Avaliação da taxa de primeira alimentação em paralarvas de *Octopus vulgaris*, submetidas a diferentes dietas. / Nathalia Hespanhol Elias. – Pontal do Paraná, 2015.  
40 f.; 29 cm.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Erica Alves Gonzalez Vidal.  
Co-Orientador: Dr. José Guilherme Bersano Filho.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

1. Paralarva. 2. *Octopus vulgaris*. 3. Dieta. I. Título. II. Vidal, Erica Alves Gonzales. III. Bersano Filho, José Guilherme. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD 594.56



## CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS

Centro de Estudos do Mar - Setor Ciências da Terra - UFPR

Avn. Beira-mar, s/nº - Pontal do Sul - Pontal do Paraná - Paraná - Brasil  
Tel. (41) 3511-8644 - Fax (41) 3511-8648 - www.cem.ufpr.br - E-mail: pgsisco@ufpr.br

Ata da sessão pública de Defesa de Dissertação para obtenção do grau de Mestra em Sistemas Costeiros e Oceânicos, área de concentração Biologia e Ecologia de Sistemas. Aos vinte e seis dias do mês de março de 2015, na sala de aula da PGSISCO do Centro de Estudos do Mar, às 13 horas, reuniu-se em sessão pública a Banca Examinadora da prova de Defesa de Dissertação da candidata ao Título de Mestra em Sistemas Costeiros e Oceânicos, **Nathalia Hespagnol Elias**, composta pelos seguintes membros: Dr Luiz Laureano Mafra Junior (UFPR/CEM), como presidente, Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester (UFPR) e Dr. Acácio Ribeiro Gomes Tomás (Instituto de Pesca-SP), como examinadores. Após os esclarecimentos prestados pelo candidato às arguições feitas pelos membros da Banca, o Sr. Presidente suspendeu temporariamente a sessão a fim de que a Banca se reunisse em sessão secreta para deliberar sobre o resultado. Reaberta a sessão, o Sr. presidente deu conhecimento a candidata que, de conformidade com o Art. 67 da Resolução 65/09 CEPE, a dissertação foi aprovada, apenas condicionada à apresentação, no prazo de sessenta dias, da redação final com as alterações sugeridas.

Pontal do Paraná, 27 de março de 2015.

Dr. Luiz Laureano Mafra Junior (UFPR/CEM)  
Presidente

Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester (UFPR)  
Membro Examinador

Dr. Acácio Ribeiro Gomes Tomás (Instituto de Pesca-SP)  
Membro Examinador

Dra. Érica Alves Gonzáles Vidal (UFPR/CEM)  
Orientadora (afastada oficialmente)

Título da Dissertação: "AVALIAÇÃO DA TAXA DE PRIMEIRA ALIMENTAÇÃO EM  
PARALARVAS DE OCTOPUS VULGARIS, SUBMETIDAS A DIFERENTES DIETAS"

## AGRADECIMENTOS

Aqui agradeço a todos que fizeram parte de mais esse caminho e que fizeram com que fosse mais agradável, divertido cheio de aprendizados.

Antes de todos, agradeço de todo coração, aos meus Pais, Valdete M<sup>a</sup> Hespanhol Elias e Sidnei Caetano Elias, não só por mais essa conclusão, mas por tudo que já fizeram, e fazem, por mim incondicionalmente.

Agradeço às minhas irmãs, Camila Hespanhol Elias e Bruna Hespanhol Elias, e à família maravilhosa que tenho, pois, mesmo estando longe, sempre me receberam e acolheram com risadas, hambúrgueres, um aconchego em casa e muito amor.

A todos da família PGSisCO 2013, sem exceção. Por absolutamente tudo que passamos juntos: Obrigada pelo zoológico com espécies únicas (hahaha)! Só com vocês pude passar por isso com sucesso; e no meio dessa loucura, fiz bons amigos!! Saibam que vou sentir muita falta! **#pgsiscolifestyle**

Aos companheiros de laboratório, Ju e Tiago, e claro a nossa agregada Bia, que sempre estiveram ali para construir ideias e coloca-las em prática, ajudar com os experimentos, dormir no laboratório, discutir os resultados, colocar a mão na massa, e, claro, dar muitas boas risadas, tornando tudo mais fácil e gratificante.

A todos os amigos feitos ao longo desta jornada de 7 anos no CEM, desde a graduação e espero que até sempre: Fabrício, Gu, Amandas (Câmara e Albano), Vitão, Urso, Vitinho, Andrezinho, Jones, Ritinha, Rafa (Ratson), Marcelo... Todos tornaram-se muitíssimo importantes. Com certeza foi muito mais fácil com vocês por perto (ou longe).

Lai, Nina, Bru, Bibi, Mah, Mongs (Carol) e Maia: o que dizer para vocês, minhas Divas (sqn)!? Vou sentir tanta falta de todos os dias: dos banquetes, dos churrascos, dos sambas, do chimarrão, das boas conversas e risadas sem fim, das tardes de séries e filmes... Não vou perder vocês nunca!

Mari, minha freverida... que mesmo estando bem longe, ainda conseguimos manter a nossa essência, sem julgamentos. Não interessa onde estejamos, todos saberão que de alguma forma estamos aqui uma pela outra; Bruno Banze e Niff, já fizeram muita diferença na minha vida e os agradeço por isso, de alguma forma nos lembraremos da parceria sempre: Hakuna Matata, Nakamas! - **XXXX**.

Aos meus orientadores Prof<sup>a</sup>. Dra. Erica A. G. Vidal e Prof. Dr. José G. Bersano Filho por me orientarem com muita clareza, paciência e dedicação.

Aos Profs. Dr. Eduardo Ballester, Dr. Acácio Tomas e Dr. Luiz Mafra por aceitarem avaliar esta dissertação e que se dispuseram a fazer parte da banca examinadora.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), ao Centro de Estudos do Mar (CEM), ao PGSisCO e todos os seus funcionários (secretaria, coordenação, corpo docente, motoristas, limpeza, RU), pela oportunidade de formação e informação.

À CAPES pelo apoio e incentivo através da concessão da bolsa de mestrado.

*“Quiero inventar el mar de cada día”*

**Pablo Neruda**

*“The miracle is this: the more we share, the more  
we have”* **Leonard Nimoy**

*“Facts are the air of scientists. Without them you  
can never fly”* **Linus Pauling**

*“Most people say that it is the intellect which  
makes a great scientist. They are wrong: it is  
character”* **Albert Einstein**

## RESUMO

Uma das maiores limitações para o desenvolvimento do cultivo do polvo comum (*Octopus vulgaris*) é a falta de uma dieta que possa ser empregada em larga escala e que reduza as altas taxas de mortalidade registradas durante a larvicultura. Devido à elevada taxa metabólica, as paralarvas de polvo requerem alimento vivo de qualidade nutricional ideal. Dietas baseadas unicamente em náuplios de artêmia não foram adequadas para promover o crescimento das paralarvas. O oferecimento de presas naturais, como os copépodes, em combinação com náuplios de artêmia parece ser uma alternativa viável e que merece ser avaliada. Os objetivos deste trabalho foram obter as taxas de primeira alimentação em paralarvas de *Octopus vulgaris* de diferentes idades quando submetidas a diferentes dietas, possibilitando comparações entre as idades, entre dietas e entre idades e dietas. Também foram comparados os valores das taxas de alimentação obtidos neste estudo com os estimados através do modelo proposto por O'Dor & Wells (1987). A obtenção das taxas de primeira alimentação envolveu o cultivo simultâneo de três grupos de paralarvas de *O. vulgaris* submetidas a diferentes dietas em um período de 24 horas: (1) copépodes; (2) náuplios de artêmias; (3) mista (50% copépodes + 50% náuplios de artêmias), em uma densidade de 60 presas L<sup>-1</sup>. Esse delineamento foi repetido para 3 idades diferentes (2; 3 e 5 dias). Os resultados mostraram que os valores médios das taxas de primeira alimentação oscilaram entre 2,7 e 3,7 presas.h<sup>-1</sup> para as diferentes idades e dietas e foram mais elevadas durante as primeiras seis horas para todas as dietas. Houve diferenças significativas (p<0,05 ANOVA) entre os tempos, mas não houve interação deste com nenhum dos outros dois fatores; houve pouca diferença entre as idades. Já a diferença entre as dietas não foi significativa a nível de p<0,05, mas a nível de p<0,1 (0,089). A redução progressiva das taxas de ingestão pode estar associada à diminuição da densidade de presas (ind.L<sup>-1</sup>) ao longo das 24h de experimento, à saciedade das paralarvas e ao fato de que, como predadores visuais, reduzem suas taxas de alimentação durante a noite. As taxas de alimentação, de crescimento e taxa metabólica observadas no presente trabalho, tanto para náuplios de artêmias como para copépodes, não permitiram uma comparação concreta com os valores observados pelo modelo, pois nenhum dos valores se aproximaram ao que seria ideal para o cultivo das paralarvas de *O. vulgais*. Os valores estimados pelo modelo indicam que o consumo de copépodes aporta duas vezes mais calorias para as paralarvas do que náuplios de artêmias. É possível concluir que retardar a primeira alimentação reduz o tempo de contato entre paralarvas e presas, exercendo efeitos deletérios, tanto para o sucesso de captura, quanto para as taxas de sobrevivência.

**Palavras-chave:** alimentação; copépode; dieta; náuplio de artêmia; *Octopus vulgaris*; paralarva.

## ABSTRACT

One of the main limitations to the development of common octopus (*Octopus vulgaris*) mass culture is the lack of adequate diets that provide low mortality rates in large-scale larvicultures. Previous trials using diets based exclusively on artemia nauplii were not able to promote significant octopus paralarvae growth since they require live food of higher nutritional quality. The supply of natural prey such as copepods, in combination with artemia nauplii seems to be a viable alternative and deserves more attention. The objective of this work was to obtain information about the first feeding rates of *Octopus vulgaris* paralarvae of different ages when submitted to different diets, allowing comparisons among ages, among diets and among ages and diets. The feeding rates values obtained in this study were also compared with those estimated using the model proposed by O'Dor & Wells (1987). Obtaining the first feeding rates involved the simultaneous cultivation of three groups of *O. vulgaris* paralarvae submitted to different diets in a 24-hour period: (1) copepods; (2) artemia nauplii; (3) mixed (50% copepods + 50% artemia nauplii), in a density of 60 prey L<sup>-1</sup>. This experimental design was repeated for 3 different ages (2, 3 and 5 days). The results showed that mean values of first feeding rates ranged from 2.7 to 3.7 prey.h<sup>-1</sup> for different ages and diets and, were highest, during the first six hours for all diets. There were significant differences ( $p < 0.05$  ANOVA) between the times, but there was no interaction of this with any of the other two factors; There was little difference between the ages. However, the difference between the diets was not significant at  $p < 0.05$ , but at  $p < 0.1$  (0.089). The progressive reduction of ingestion rates may be associated to three different factors: 1. a decrease in prey density (ind.L<sup>-1</sup>) over the 24-hour experiment. 2. The satiety of the parallels. 3. As visual predators, they would reduce their feeding rates during at night. The feeding, growth and metabolic rates observed in the present study, for both artemia and copepods, did not allow a concrete comparison with the values observed by the model, since none of the values approached what would be ideal for the cultivation of *O. vulgaris* paralarvae. The values estimated by the model indicate that the consumption of copepods provides twice as many calories to the paralarvae when compared to artemia based diet. It is possible to conclude that delaying the first feeding reduces the contact time between paralarvae and prey, exerting deleterious effects, both for success of capture and for survival rates.

**Key-words:** artemia nauplii; copepod; diet; *Octopus vulgaris*; paralarvae.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Desenho esquemático do protocolo experimental das taxas de ingestão em paralarvas de <i>Octopus vulgaris</i> . Cada cilindro representa uma réplica (repetida 16 vezes) contendo uma paralarva e 60 presas (náuplios de artêmia e/ou copépodes), coletadas a cada 6 horas no período de 24 horas.....	18
FIGURA 2 – Comparação entre as taxas de ingestão de presas (copépodes, náuplios de artêmia e mista) em número por hora e por paralarvas de <i>O. vulgaris</i> , num período de 24 horas. Letras diferentes representam diferenças significativas, sendo que a, b, c e d são diferenças entre os tempos; x e y são diferenças entre as idades.....	22
FIGURA 3 – Boxplot da taxa de ingestão em relação ao fator tempo.....	24
FIGURA 4 – Boxplot da taxa de ingestão em relação à interação entre os fatores idade e dieta.....	24
FIGURA 5 – (A) Taxa metabólica; (B) Taxa de alimentação e (C) Taxa de crescimento estimadas para paralarvas de <i>O. vulgaris</i> , do dia 1 ao 50 dias de idade entre as temperaturas de 12 a 28°C. Note as diferentes escalas.....	26

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Conversão do peso úmido das paralarvas por Villanueva (1995), exceto para idade 1 (obtida neste presente estudo); e em peso seco, segundo Navarro & Villanueva (2000).....	20
TABELA 2 – ANOVA. Comparação entre os fatores tempo, dieta e idade de paralarvas de <i>O. vulgaris</i> . <b>A</b> – Copépodes; <b>B</b> – Náuplios de artêmias; <b>C</b> – Mista.....	23
TABELA 3 – Peso úmido, seco e em calorías de paralarvas de <i>O. vulgaris</i> , náuplios de artêmia e copépodes. Os valores para as paralarvas foram obtidos de Villanueva (1995), Navarro & Villanueva (2000) e Parra <i>et al.</i> (2000); para náuplios de <i>Artemia</i> spp. de Liéger <i>et al.</i> (1987) e para copépodes de Dumont <i>et al.</i> (1975) e Laurence (1976).....	25
TABELA 4 – Consumo médio observado de presas em número, peso seco e calorías. Taxa metabólica de paralarvas de <i>O. vulgaris</i> através do modelo de O’Dor & Wells (1987) para as idades de 2, 3 e 5 dias no períodos de 24 horas. DP = Desvio Padrão.....	28
TABELA 5 – Valores médios observados e esperados das taxas de alimentação de paralarvas de <i>O. vulgaris</i> a 24°C. Estimativa do consumo em número e calorías de copépodes no período de 24 horas, para as idades de 2 a 50 dias.....	29

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 Coleta e Manutenção dos reprodutores.....	14
2.2 Qualidade da água.....	15
2.3 Desova.....	15
2.4 Alimento vivo.....	16
2.4.1 Copépodes.....	16
2.4.2 Náuplios de artêmias.....	16
2.5 Cultivo das paralarvas.....	16
2.6 Protocolo Experimental.....	17
2.6.1 Taxas de alimentação.....	17
2.6.1.1 Avaliação da taxa de alimentação observada.....	18
2.7 Análise de dados.....	18
2.8 Estimativas das taxas de alimentação, metabólica e de crescimento.....	19
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 Taxa de alimentação em paralarvas de <i>O. vulgaris</i> com diferentes idades e dietas.....	20
3.2 Taxa metabólica baseada no consumo de calorias.....	24
3.2.1 Peso seco e valor calórico.....	24
3.2.2 Taxas metabólicas, de alimentação e crescimento estimadas para as paralarvas de <i>O. vulgaris</i> .....	25
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A oferta mundial de pescado cresceu consideravelmente graças ao vigoroso crescimento da aquicultura e à melhorias na gestão de pesca. Os moluscos representam 11% dos organismos produzidos comercialmente através da aquicultura. Dentre eles, a classe Cephalopoda se destaca em termos de desembarque, valor comercial e mercado em expansão (FAO, 2016). Porém, estudos indicam que, apesar do ciclo de vida do *Octopus vulgaris* Curvier, 1797 ser bem compreendido, o cultivo da espécie só é possível atualmente à nível experimental, devido às altas taxas de mortalidade que ocorrem durante a larvicultura (Igarashi, 2010).

Variações anuais no recrutamento do polvo comum, *O. vulgaris*, podem causar grandes e imprevisíveis flutuações nos estoques desta espécie (Koueta *et al.*, 2000; Vaz-Pires *et al.*, 2004; Mazón *et al.*, 2007). Estimativas de sobrevivência e crescimento durante as fases iniciais do ciclo de vida podem contribuir para melhor compreensão da dinâmica populacional e dos fatores que regulam o recrutamento da espécie (Koueta *et al.*, 2000; Vaz-Pires *et al.*, 2004; Vidal *et al.*, 2014). E, por possuir potencial para cultivo, o desenvolvimento de tecnologias depende, basicamente, do aprimoramento das técnicas de larvicultura, a fim de se obter juvenis bentônicos, cujos parâmetros de crescimento são conhecidos e podem favorecer o cultivo integral da espécie (Iglesias *et al.*, 2007).

Apesar dos cefalópodes possuírem desenvolvimento direto, Young & Harman (1988) sugeriram o uso do termo “paralarva”, para designar um cefalópode, que após eclodir é planctônico e ocupa um habitat diferente do adulto bentônico (Haug *et al.*, 2012).

A duração da fase planctônica em paralarvas de *O. vulgaris*, depende diretamente da temperatura, variando em torno de 47 a 57 dias a 21,2°C e 30 a 35 dias a 23°C (Imamura, 1990; Villanueva, 1995). As paralarvas nadam ativamente, possuem altas taxas metabólicas e requerem grandes quantidades de alimento vivo com qualidade nutricional ideal (Villanueva, 1995; Parra *et al.*, 2000; Vidal *et al.*, 2014). Durante esta fase, passam por modificações morfológicas, sendo o comprimento relativo dos braços (CB) uma das mais significativas. Estas alterações representam etapas críticas do desenvolvimento e estão diretamente relacionadas ao comportamento predatório e ao sucesso na captura de presas, bem como à sobrevivência durante a fase planctônica. Deste modo, seria importante conhecer as

taxas de alimentação das paralarvas de *O. vulgaris* durante a larvicultura, tendo como base suas presas naturais como larvas de crustáceos decápodes e outros organismos planctônicos abundantes, como copépodes (Navarro & Villanueva, 2000, 2003).

*Octopus vulgaris* é um predador generalista tanto na fase juvenil como na fase adulta, alimentando-se de uma variedade de organismos (Roura *et al.*, 2012), principalmente dentro das classes Crustacea, Gastropoda, Lamelibranchiata, Osteichthyes, Ophiuroidea, Polychaeta e Cephalopoda (Nigmatullin & Ostapenko, 1976; Guerra, 1978; Smale & Buchan, 1981; Nixon, 1987; Mather, 1991), como também foi observado por Passarela & Hopkins (1991) e Vecchione (1991). Uma análise filogenética feita por Roura *et al.* (2012) acerca das presas ingeridas por paralarvas selvagens de *O. vulgaris* indicou a presença de 12 famílias de crustáceos (11 pertencentes à ordem Decapoda e 1 à ordem Euphasiacea) e duas famílias de peixes (Gobiidae e Carangidae).

Vidal & Haimovici (1999) analisando a dieta de paralarvas de lulas (*Illex argentinus*) mostraram que 11,4% dessa dieta são representados por copépodes. Estes, são considerados organismos predominantes no zooplâncton de águas costeiras e tropicais e representam um importante elo entre o fitoplâncton e os níveis tróficos superiores (Mann & Lazier, 1991; Weber & Roff, 1995; Hopcroft & Roff, 1996, 1998).

Em revisão sobre o cultivo de paralarvas de *O. vulgaris*, Iglesias *et al.* (2007) mencionam a nutrição como o fator determinante da mortalidade e recomendam, como alternativa, a busca por novas presas com conteúdo nutricional adequado e relativa facilidade de produção, como *Artemia* spp. que tem sido a principal presa oferecida (Fuentes, 2011). Porém, apesar de algumas experiências com paralarvas de polvo alimentadas por artêmias terem sido bem-sucedidas (Hamazaki *et al.*, 1991; Iglesias *et al.*, 2000), a mortalidade na larvicultura ainda é alta e imprevisível, sendo o grande gargalo para o desenvolvimento do cultivo de polvos.

O comportamento de captura de presas é relativamente complexo em paralarvas de cefalópodes, sendo, provavelmente, uma combinação entre o comportamento inato e aquele dependente da experiência adquirida logo após a eclosão (Wells, 1962, Chen *et al.*, 1996; Messenger, 1977). No entanto, a importância relativa desta experiência é pouco conhecida entre os polvos, embora

sejam fundamentais para se compreender os processos envolvidos na captura e seleção de presas durante a larvicultura.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar as taxas de primeira alimentação em paralarvas de *O. vulgaris* de diferentes idades e submetidas a diferentes dietas por um período de 24h, possibilitando comparações entre os fatores envolvidos: período, idade e dieta e assim determinar como cada dieta poderá influenciar nas taxas de primeira alimentação. Ainda comparar os valores das taxas de alimentação observadas com as estimadas pelo modelo de O'Dor & Wells (1987), para permitir estimativas teóricas.

O conhecimento destes componentes possibilitaria uma melhor compreensão dos fatores envolvidos na captura de presas por paralarvas de *O. vulgaris*, visto que ao eclodir as paralarvas possuem reservas vitelínicas e combinam a alimentação endógena com a exógena (Vidal *et al.*, 2002; Vidal & Boletsky, 2014).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta e manutenção dos reprodutores**

Os reprodutores (três fêmeas e um macho) foram coletados através de mergulho autônomo, na Praia de Bombinhas – Santa Catarina (27°14'22"S; 48°51'01"W). O comprimento do manto (CM) dos exemplares foi medido no local de coleta a fim de verificar a maturidade sexual. Estes foram devidamente acondicionados em sacos plásticos individuais com água do local e forte aeração, para transporte até o Laboratório de Cultivo de Cefalópodes e Ecologia Experimental (LaCCeph), no Centro de Estudos do Mar – Universidade Federal do Paraná (CEM/UFPR).

No LaCCeph, os animais foram aclimatados à temperatura de 24±1°C e salinidade de 34±2, em um sistema de cultivo formado por três linhas paralelas. A linha 1 foi destinada aos reprodutores e era formada por um biofiltro composto por conchas maceradas, com dimensões de 1,80 x 0,60 x 0,30 m e volume aproximado de 325 L e por dois tanques com capacidade de 300L cada (diâmetro de borda de 1,04 m, diâmetro da base de 0,75 m e profundidade de 0,55 m) e um tanque circular com capacidade para 500 L (diâmetro de borda de 1,22 m, fundo de 0,95 m e profundidade de 0,64 m), totalizando um volume de, aproximadamente, 1100 L. Na saída de água dos tanques havia um espesso filtro de malha de acrílico e uma

camada de carvão ativado, para filtragem. Na base do biofiltro foram colocadas duas bombas Resun®, modelo SP 9000, 60 HZ de frequência, 130 W de potência e vazão de 3.500 L/H para bombear água do biofiltro, a qual passava por um filtro ultravioleta (UV) antes de chegar aos tanques.

As fêmeas foram colocadas individualmente em cada um dos três tanques com tocas artificiais (tubos de PVC em formato de T), proporcionando condições próximas a ideal, para a postura dos ovos. O macho foi mantido em contato com cada fêmea a fim de garantir a cópula com todas.

As linhas 2 e 3 foram destinadas à manutenção das paralarvas e também possuíam biofiltro com dimensão de 0,60 x 1,50 x 0,50 m e volume médio útil de 330 L. Em cada biofiltro foram conectados 3 tanques circulares de 0,80 m de altura x 0,60 m de diâmetro e capacidade útil de 200 L, totalizando um volume médio útil de 930 L em cada linha de larvicultura, já incluso seu respectivo biofiltro. O diferencial destas linhas foi a utilização de mais carvão ativado, uma vez que as paralarvas são mais sensíveis à qualidade da água do que os adultos.

## **2.2 Qualidade da água**

Durante a manutenção dos reprodutores, foram realizadas, a cada dois dias, medições dos parâmetros físico-químicos: salinidade (refratômetro Impac IPS-10T), temperatura (termômetro de mercúrio), oxigênio dissolvido (multiparâmetro Horiba®), pH e compostos nitrogenados (nitrito, nitrato e amônio – Kit Colorimétrico Sera®), a fim de monitorar a qualidade da água.

Os tanques foram limpos diariamente e sifonados para a retirada de partículas em suspensão, restos de alimentos e excretas dos animais. E feita a reposição de água necessária.

## **2.3 Desova**

Os primeiros cachos de ovos foram observados dentro da toca, aproximadamente, 35 dias após a cópula e o desenvolvimento embrionário durou cerca de 33 a 34 dias. A eclosão durou 19 dias com variações na quantidade de paralarvas eclodidas.

Os ovos foram mantidos no mesmo tanque da fêmea e conforme as paralarvas eclodiam, eram transferidas para as linhas 2 e 3 e separadas conforme

os tratamentos. A temperatura foi mantida em torno de  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$  e salinidade de  $34\pm 1$ , a mesma do período de incubação dos ovos.

## **2.4 Alimento vivo**

### **2.4.1 Copépodes**

Foram coletados a cada dois dias no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) – Paraná/Brasil ( $25^{\circ}29'55''\text{S}; 48^{\circ}17'30''\text{W}$ ) e mantidos em laboratório. Os arrastos foram feitos com uma rede cilindro-cônica modelo WP-2 com 0,5 m de diâmetro de boca e malha de 200  $\mu\text{m}$ . Simultaneamente aos arrastos coletava-se água do local (40 – 60 L) com concentrações de fitoplâncton para ser utilizado como alimento natural do zooplâncton. Logo após as coletas, os organismos eram transferidos para galões plásticos de 20 L e transportados até o laboratório, onde eram aclimatado em tanques de 40 L com aeração leve, salinidade de 35 e temperatura de  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Para alimentação do zooplâncton, eram filtrados (malha de 20  $\mu\text{m}$ ) diariamente de 3 a 5 L de fitoplâncton natural.

Os copépodes foram selecionados em triagem sob microscópio estereoscópico e rapidamente transferidos para os recipientes onde os experimentos foram conduzidos. Dentre as espécies utilizadas, as mais importantes em termos de frequência e abundância foram *Acartia* spp., *Pseudodiaptomus richardi* e *Paracalanus* spp.

O tamanho médio dos copépodes foi de 0,94 mm (0,74 – 1,42 mm) e obtido a partir da seleção aleatória de 39 exemplares dentre espécies utilizadas.

### **2.4.2 Náuplios de artêmia**

Para a eclosão dos náuplios de artêmia foi utilizado um galão de 20L com salinidade de 35 e temperatura controlada em torno de  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ , com o uso de aquecedores de 300W, e oxigenação constante, com auxílio de compressor de ar (Boyu Acq-001). Para a eclosão das artêmias foi utilizado o protocolo de Dhont & Lavens (1996).

Foram utilizadas artêmias recém-eclodidas por um período de 24 h após a eclosão. O tamanho médio foi de 0,54 mm (0,34 – 0,72 mm) obtido a partir de 34 exemplares.

## **2.5 Cultivo das paralarvas**

Após a eclosão, as paralarvas foram transferidas para as linhas 2 e 3, com temperatura de  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$  e salinidade de  $34\pm 1$ , assim como durante a incubação dos ovos.

O número de paralarvas em cada tanque foi cerca de 1000 indivíduos, correspondendo a uma densidade de 5 paralarvas.L<sup>-1</sup>. Nestes tanques, as paralarvas foram mantidas sem alimento até atingirem 2, 3 ou 5 dias, de acordo com os tratamentos a serem submetidas. Após estes períodos, o alimento foi disponibilizado a cada 3 h, sendo composto por artêmias e/ou copépodes.

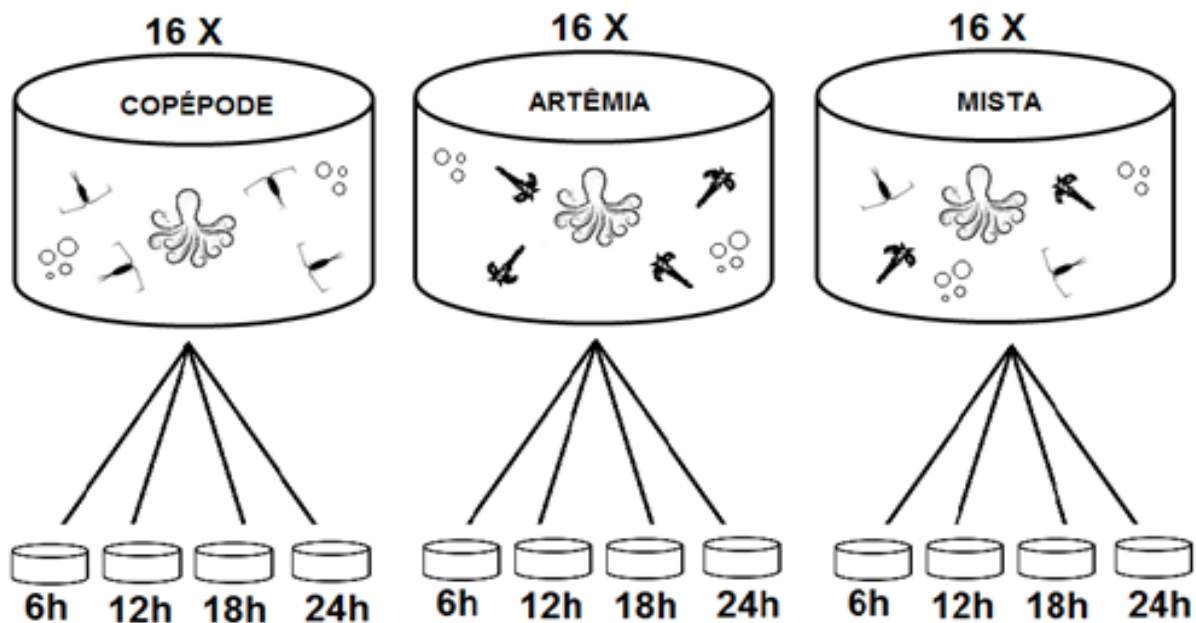
O peso de eclosão das paralarvas foi obtido a partir de 25 exemplares coletados de forma aleatória dos tanques de larvicultura, distribuídos igualmente em 5 cadinhos de alumínio (5 paralarvas por cadinho) e levadas para uma estufa à  $60^{\circ}\text{C}$  durante 24 h. Então, os cadinhos foram colocados em um dissecador por 30 minutos e por fim, pesados em uma balança Ohaus com precisão de 0,00001 g, o que permitiu a obtenção do peso seco de 5 paralarvas, tornando possível calcular o peso individual. O comprimento do manto foi obtido com a coleta aleatória de 7 paralarvas que foram fotografadas com uma câmera digital Olympus DP71 acoplada a um microscópio estereoscópico Olympus SZX16 e medidas com o auxílio do Adobe Photoshop CS2.

## **2.6 Protocolo Experimental**

### **2.6.1 Taxas de Alimentação**

Este experimento ocorreu para as idades 2, 3 e 5 dias, respectivamente. O protocolo experimental envolveu o cultivo simultâneo de três grupos de paralarvas de *O. vulgaris*, os quais foram submetidos a diferentes dietas (presas): (1) copépodes; (2) artêmias; (3) mista (50% náuplios de artêmias e 50% copépodes). Para cada tratamento foram utilizados 16 recipientes cilíndricos de vidro transparente com volume útil de 1 L, resultando em uma densidade de 60 presas.L<sup>-1</sup> e a cada 6 h, durante 24 h, eram coletadas 4 réplicas. No centro de cada recipiente foi instalado um suporte cilíndrico plástico (diâmetro de 4,5 cm) e envolto por uma tela de 150 µm, contendo uma mangueira de aeração com uma pedra porosa na extremidade. Em cada recipiente foi colocada 1 paralarva e 60 presas (Figura 1).

A temperatura foi mantida a  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e foto período natural.



**Figura 1** – Desenho esquemático do protocolo experimental para obtenção das taxas de ingestão em paralarvas de *Octopus vulgaris*. Cada cilindro representa uma réplica (repetida 16 vezes) contendo uma paralarva e 60 presas (náuplios de artêmia e/ou copépodes), coletada a cada 6 horas ao longo de 24 horas.

### 2.6.1.1 Avaliação da taxa de alimentação observada

A cada 6h as presas não ingeridas de cada réplica foram coletadas e contadas. O conteúdo das réplicas foi retido em peneiras de 150  $\mu\text{m}$ , concentrado em placas de Petri e transferidos para frascos tipo Eppendorf que continham álcool (70%) para a fixação. No final de 24 h, um total de 48 amostras foi obtido para cada idade avaliada. A partir do número de presas não ingeridas foi possível gerar número de ingestão de presas por paralarva por dia ( $\text{presa.paralarva}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ )

Após os experimentos, o conteúdo de cada Eppendorf foi transferido para uma placa de Petri quadriculada, sob um microscópio estereoscópico para a contagem.

O número de presas ingeridas permitiu estimar a taxa de alimentação para cada uma das idades (2, 3 e 5 dias) avaliadas nos experimentos deste estudo.

## 2.7 Análise dos dados

A partir do número obtido de presas ingeridas ( $\text{presa.paralarva}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ), foram realizadas as análises estatísticas, possibilitando a comparação entre as médias das diferentes idades, dietas, tempos e entre todos os fatores.

Diferenças entre as médias foram verificadas pela Análise de Variância (ANOVA) e teste post-hoc de Tukey. Os pressupostos da ANOVA, normalidade e

homocedasticidade, foram testados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Quando algum dos pressupostos não foi obedecido, aplicou-se o logaritmo para a transformação dos dados. E se mesmo assim o pressuposto não foi obedecido, foi realizado um Box-Cox para minimizar o problema da normalidade.

Todos os testes estatísticos foram realizados no programa R versão 3.0.3.

## 2.8 Estimativas de taxas de alimentação, metabólicas e de crescimento

A estimativa dessas taxas foram necessárias para que pudessem ser feitas comparações com as taxas de alimentação observadas.

O peso seco das paralarvas, entre 1 e 50 dias de idade, obtido em Navarro e Villanueva (2000) foi utilizado para estimar suas taxas metabólicas, de alimentação e de crescimento através do modelo proposto por O'Dor & Wells (1987) para uma amplitude de temperatura de 12 a 28°C, como segue:

$$MR = aW^b c^T$$

MR é a taxa metabólica expressa em kcal.d<sup>-1</sup>; W é o peso seco da paralarva em g; T é a temperatura em °C e a, b e c são constantes derivadas de uma regressão linear múltipla, onde a = 0,0043, b = 0,96 e c = 1,187.

$$FR = aW^b c^T$$

FR é a taxa de alimentação expressa em kcal.d<sup>-1</sup>; W é o peso úmido da paralarva em g; T é a temperatura (°C) e a = 0,058, b = 0,79 e c = 1,082. Taxas de crescimento foram obtidas a partir da subtração entre MR e FR (Gr = FR – MR).

O peso seco das paralarvas foi obtido a partir da relação apresentada por Navarro & Villanueva (2000) de que o peso seco das paralarvas equivale a, aproximadamente, 21,4% de seu peso úmido. Sendo assim, os valores de peso seco foram obtidos a partir do peso úmido apresentados por Villanueva (1995) desde o dia 1 ao dia 50 após a eclosão (Tabela 1), período que engloba todo o desenvolvimento planctônico até o assentamento ao bentos. Cabe salientar que os valores de peso seco praticamente não sofrem variações consideráveis durante os primeiros 5 dias de vida (Vidal *et al.*, 2002), assim foi considerado que a taxa metabólica não apresenta variações significativa entre os dias 1 e 5 após a eclosão. Portanto, os valores do dia 1 foram usados como referência para os dias 2, 3 e 5 após a eclosão.

**Tabela 1:** Conversão do peso úmido das paralarvas por Villanueva (1995), exceto para idade 1 (obtida neste presente estudo), em peso seco, segundo Navarro e Villanueva (2000).

Idade (Dias)	Peso úmido das paralarvas (mg)	Peso seco das paralarvas (mg)
	(Villanueva 1995)	(21,4% do peso úmido - Navarro e Villanueva 2000)
1	1,38	0,29
10	2,7	0,58
20	5,5	1,18
30	17,5	3,73
40	40,3	8,62
50	62,4	13,35

As taxas de alimentação estimadas pelo modelo foram comparadas com as taxas de alimentação observadas durante os experimentos deste trabalho e inferências colocadas em relação ao potencial de crescimento das paralarvas dentro da amplitude de temperatura avaliada.

O peso seco de náuplios de artêmia foi retirado de Liéger *et al.* (1987), variando entre 1,61 - 3,33  $\mu\text{g}$  (média=2,47  $\mu\text{g}$  ou 0,002 mg). Para os dados em calorias, Liéger *et al.* (1987) afirma que o conteúdo energético individual de um náuplio de artêmia está entre 0,0366 – 0,0725 J (média=0,055 J). Sendo assim, a partir do princípio de que 1 caloria equivale a, aproximadamente, 4,2J, foi possível estimar que o valor em calorias de um náuplio de artêmia é de 0,013 cal.náuplio<sup>-1</sup> ou 6,54 cal.mg<sup>-1</sup>.

Para os copépodes, valores de peso seco foram obtidos para os Calanóidas através do modelo de Dumont *et al.* (1975), a partir da equação para o peso seco dado em miligramas:

$$W = 0,0077L^{2,33}$$

Onde, W é o peso seco e L é a média do comprimento total.

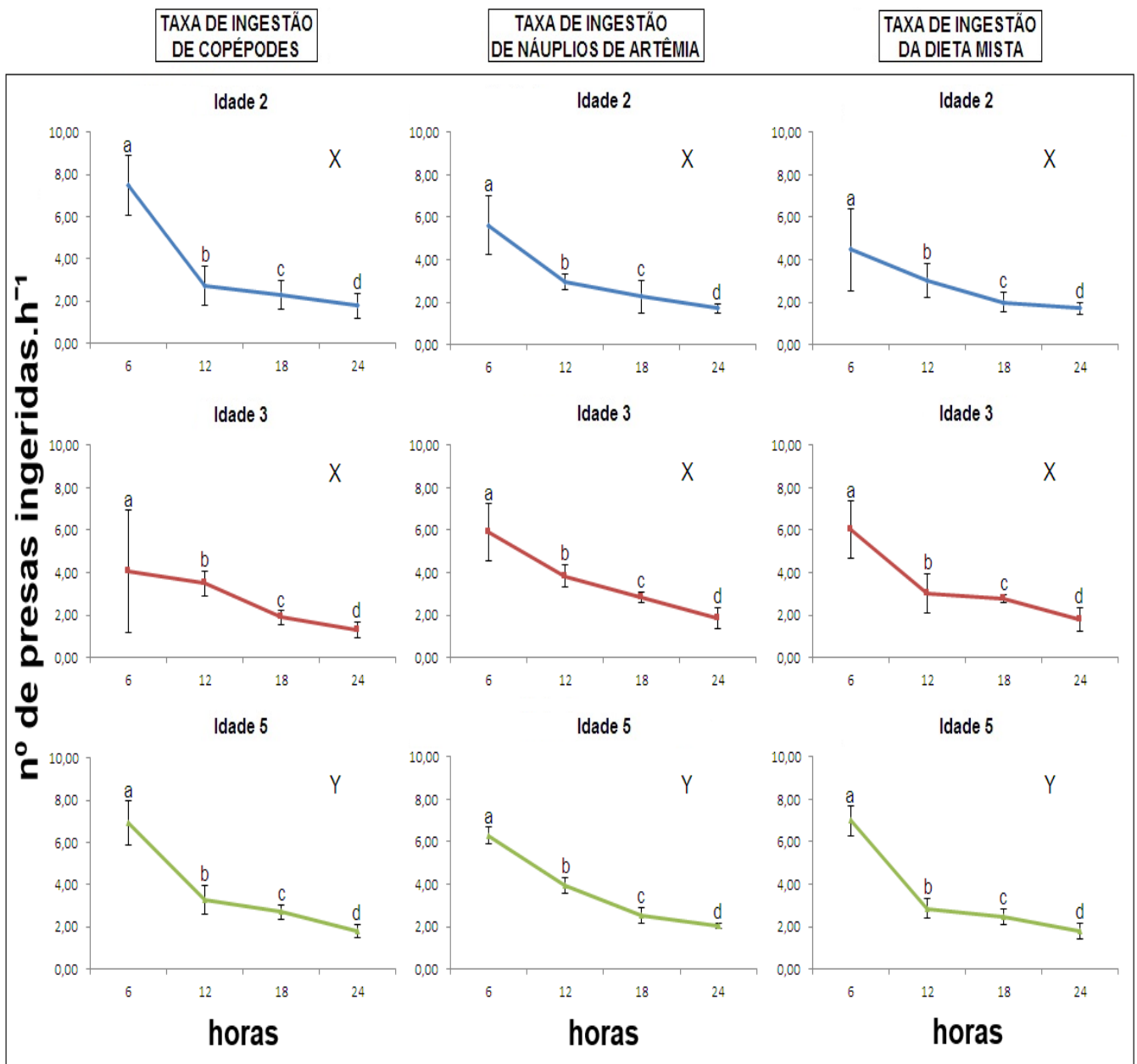
Laurence (1976) afirmou, a partir do peso seco, que os copépodes apresentam 5251 cal.g<sup>-1</sup>. Sendo o valor médio do peso seco individual igual a 6  $\mu\text{g}$  (~0,006 mg), segundo este trabalho, então a estimativa de calorias foi de 0,03 cal.copépode<sup>-1</sup> ou 5 cal.mg<sup>-1</sup>.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Taxas de alimentação em paralarvas de *O. vulgaris* com diferentes idades e dietas

Em termos gerais, considerando os valores médios de consumo por dieta e por idade ao longo das 24h de experimento, foi observado que para a idade de 2 dias as paralarvas de *O. vulgaris* consumiram em média  $3,57 \pm 0,91$  copépodes.h<sup>-1</sup>;  $3,14 \pm 0,69$  artêmias.h<sup>-1</sup> e  $2,78 \pm 0,87$  presas mistas.h<sup>-1</sup>. Para a idade de 3 dias o consumo foi de  $2,69 \pm 1,04$  copépodes.h<sup>-1</sup>;  $3,62 \pm 0,64$  artêmias.h<sup>-1</sup> e  $3,40 \pm 0,75$  presas mistas.h<sup>-1</sup>. E para a idade de 5 dias as paralarvas consumiram  $3,68 \pm 0,60$  copépodes.h<sup>-1</sup>;  $3,70 \pm 0,32$  artêmias.h<sup>-1</sup> e  $3,53 \pm 0,48$  presas mistas.h<sup>-1</sup>.

Para todas as dietas avaliadas, pode-se observar que a taxa de ingestão foi mais elevada durante as primeiras 6h e um decréscimo contínuo no decorrer de 24h após o primeiro contato com a presa, culminando com os menores valores observados nas últimas horas (Figura 2).



**Figura 2** – Comparação entre as taxas de ingestão de presas (copépodos, náuplios de artêmia e mista) em número por hora e por paralarvas de *O. vulgaris*, num período de 24 horas. Letras diferentes representam diferenças significativas, sendo que a, b, c e d são diferenças entre os tempos; x e y são diferenças entre as idades.

Ao comparar os tratamentos entre si, a ANOVA (Tabela 2) indicou que houve uma diferença muito significativa entre os tempos, mas não houve interação deste com nenhum dos outros dois fatores.

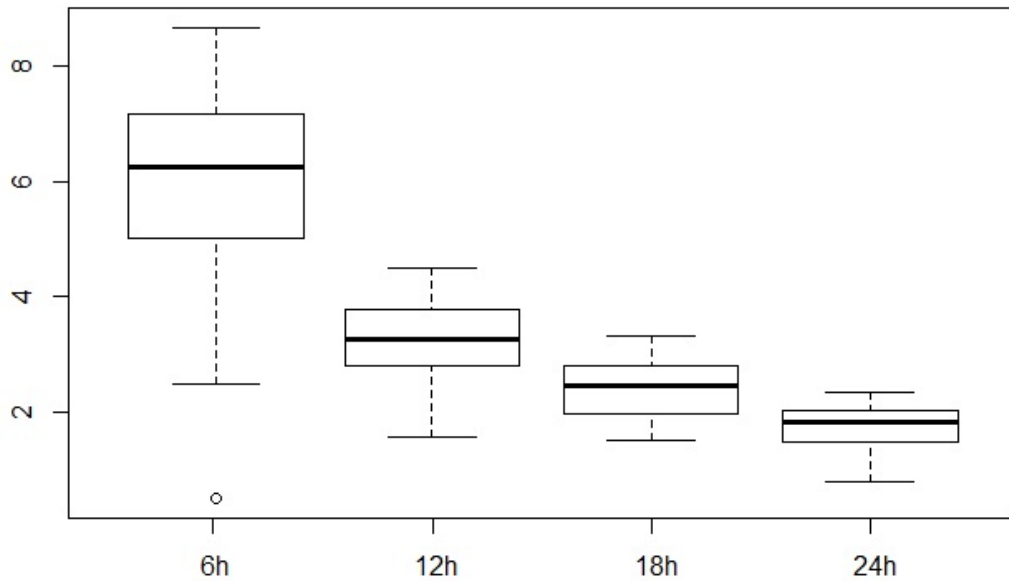
**Tabela 2:** ANOVA. Comparação entre os fatores tempo, dieta e idade de paralarvas de *O. vulgaris*. **A** – Copépodes; **B** – Náuplios de artêmias; **C** – Mista.

	Df	Média da soma	Média dos quadrados	F valor	Pr (>F)
Tempo	3	0,06007	0,020025	93,545	<b>&lt;2e-16 ***</b>
Idade	2	1,00168	0,000840	3,926	<b>0,0226 *</b>
Dieta	2	0,00106	0,000529	2,471	<b>0,0893</b>
Tempo:Idade	6	0,00173	0,000288	1,344	<b>0,2440</b>
Tempo:Dieta	6	0,00032	0,000054	0,252	<b>0,9575</b>
Dieta:Idade	4	0,00289	0,000721	3,370	<b>0,0122 *</b>
Tempo:Idade:Dieta	12	0,00350	0,000291	1,361	<b>0,1961</b>
Residual	108	0,02312	0,000214		

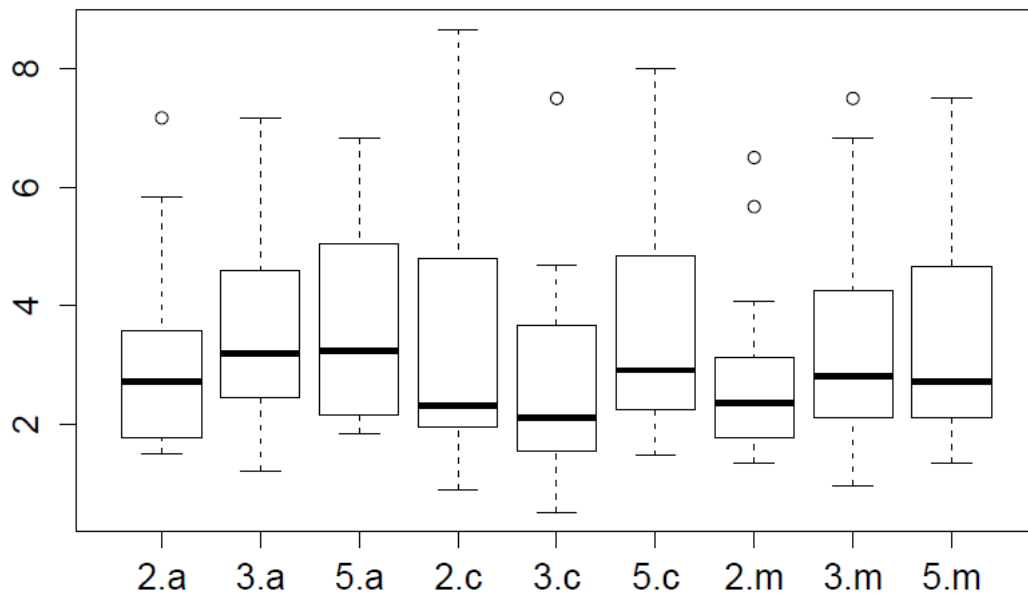
Os resultados estatísticos mostraram que houve pouca diferença entre as idades. Já a diferença entre as dietas não foi significativa a nível de  $p < 0,05$ , mas a nível de  $p < 0,1$  (0,089), onde a maior diferença foi entre copépodes e artêmias com  $p < 0,079$ . Sendo assim, pode-se dizer que a taxa de ingestão varia entre as idades de acordo com a dieta.

O teste post-hoc de Tukey apresentou as maiores diferenças entre todos os tempos ( $p\text{-valor} \leq 0,05$ ) (Figura 3) e entre as idades de 5 e 2 dias ( $p\text{-valor} = 0,033$ ). Na interação idade:dieta, as maiores diferenças foram apenas entre 3C – 3<sup>a</sup> ( $p\text{-valor} = 0,007$ ); 3C – 5A ( $p\text{-valor} = 0,003$ ) e 5C – 3C ( $p\text{-valor} = 0,013$ ) (Figura 4). Porém não podemos analisar separadamente pois um fator variou diretamente em função do outro.

As interações tempo:idade, tempo:dieta e tempo:idade:dieta não foram significativas e por isso não foram analisadas separadamente.



**Figura 3** - Boxplot da taxa de ingestão em relação ao fator tempo.



**Figura 4** - Boxplot da taxa de ingestão em relação à interação entre os fatores idade e dieta.

### 3.2. Taxa metabólica baseada no consumo de calorias

#### 3.2.1. Peso seco e valor calórico

Através dos cálculos e estimativas descritos anteriormente foi possível obter os valores de peso seco em mg para as idades de 1 a 42 dias. E para as presas (náuplios de artêmias e copépodos adultos) foi possível estimar o peso seco em mg e em calorias, como apresentado na Tabela 3:

**Tabela 3:** Peso úmido, seco e em calorias de paralarvas de *O. vulgaris*, náuplios de artêmia e copépodes. Os valores para as paralarvas foram obtidos de Villanueva (1995), Navarro & Villanueva (2000) e Parra *et al.* (2000); para os náuplios de *Artemia* spp. de Liéger *et al.* (1987) e para copépodes de Dumont *et al.* (1975) e Laurence (1976).

Idade (dias)	Peso úmido <i>O. vulgaris</i> (mg)	Peso seco <i>O. vulgaris</i> (mg)	Valor calórico <i>O. vulgaris</i> (Cal)	Peso seco Artêmia (mg)	Valor calórico Artêmia (cal)	Peso seco Copépodes (mg)	Valor calórico Copépodes (cal)
1	1,38±0,11	0,29	0,0013	0,002	0,013	-	-
10	2,72±0,49	0,58	0,0045	-	-	0,006	0,03
20	5,52±1,07	1,18	0,0092	-	-	-	-
30	17,45±4,73	3,73	0,0290	-	-	-	-
42	40,26±7,81	8,62	0,0669	-	-	-	-

### 3.2.2. Taxas metabólica, de alimentação e crescimento estimadas para as paralarvas de *O. vulgaris*

Como esperado, o aumento nestas taxas foi proporcional ao peso da paralarva e à temperatura considerada.

Em relação às taxas metabólicas, os valores estimados foram menores que 5 cal.dia<sup>-1</sup> para paralarvas até 30 dias de idade. Observa-se que cada incremento de 4°C na temperatura produziu um aumento constante na taxa metabólica, sendo mais evidente em temperaturas acima de 20°C (Figura 5A).

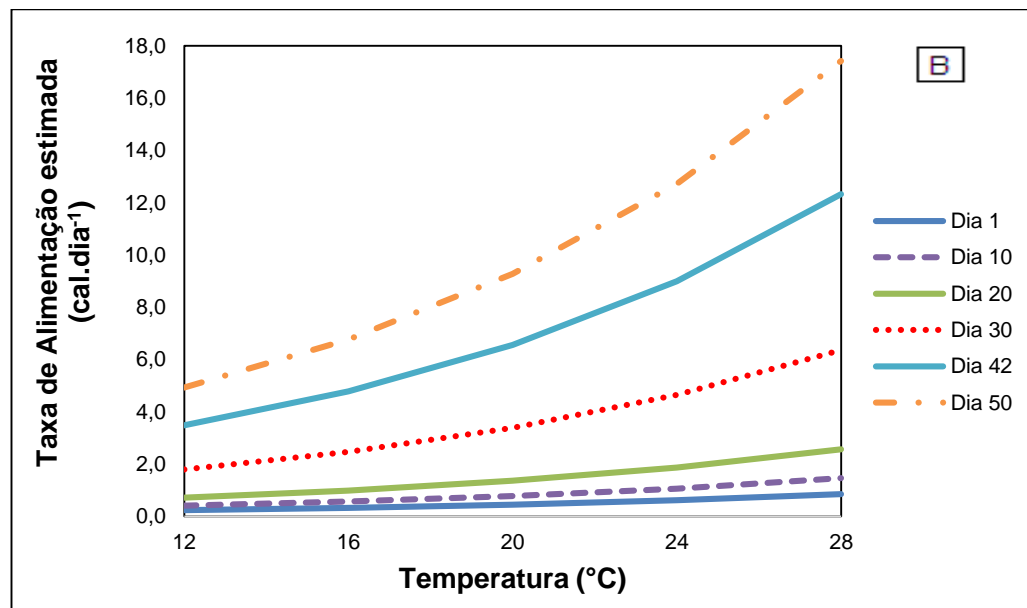
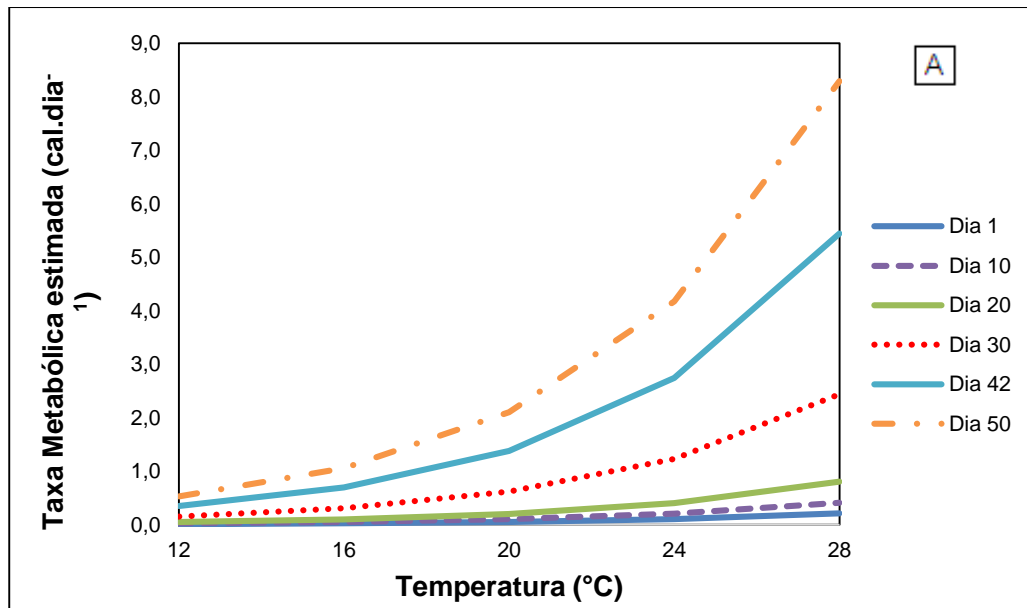
Em comparação às taxas metabólicas, as linhas de tendência para as taxas de alimentação mostraram curvas menos acentuadas e com valores mais elevados, valores estes, necessários para proporcionar crescimento diante do aumento de temperatura. É possível observar também que as taxas de alimentação aumentam proporcionalmente a temperatura para todas as idades (Figura 5B).

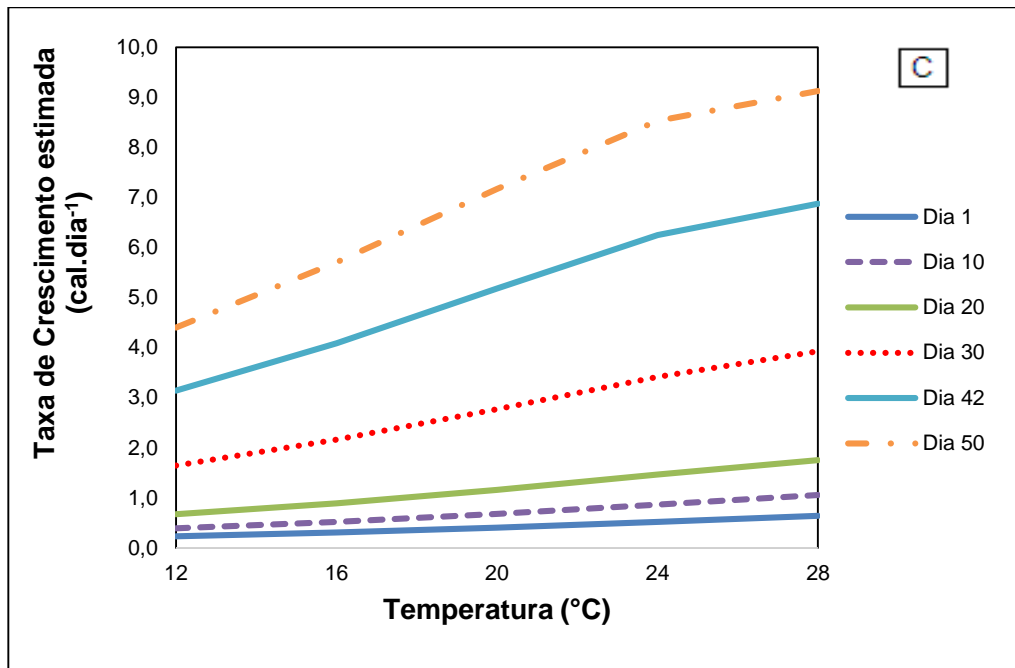
Para as taxas de crescimento, novamente se observa um aumento proporcional ao aumento da temperatura, porém, diferentemente da tendência observada nas taxas metabólicas e de alimentação obtidas, as taxas de crescimento apresentaram uma desaceleração em temperaturas mais elevadas (20 a 24°C), especialmente evidente para as idades de 40 e 50 dias (Figura 5C).

Os dados produzidos a partir do modelo de O'Dor & Wells (1987), indicaram um pequeno aumento nas taxas metabólicas em paralarvas recém eclodidas (0-10

dias). Porém, com o crescimento das paralarvas esse aumento torna-se exponencial, em relação ao aumento produzido pelas taxas de alimentação, uma vez que a paralarva se alimenta de um número maior de presas, podendo ser representada por curvas menos acentuadas (Figuras 5A e 5B).

Com relação ao consumo de presas em 24h de experimento a tendência positiva esperada só pôde ser observada utilizando dados para as idades de 1 a 50 dias presentes em Villanueva (1995) (Tabela 4).





**Figura 5** – (A) Taxa Metabólica; (B) Taxa de Alimentação; (C) Taxa de Crescimento estimadas, em paralarvas de *Octopus vulgaris* do dia 1 ao 50 de idade entre as temperaturas de 12 a 28°C. Note as diferentes escalas.

**Tabela 4:** Consumo médio observado de presas em número, peso seco e calorias. Taxa metabólica estimadas de paralarvas de *Octopus vulgaris* através do modelo de O'Dor & Wells (1987) para as idades de 2, 3 e 5 dias no período de 24 horas. DP = Desvio Padrão.

Idade (dias)	Consumo em número de presas (n.d <sup>-1</sup> )				Consumo em peso seco (mg.d <sup>-1</sup> )				Consumo em calorias (kcal.d <sup>-1</sup> )				Taxas metabólicas das paralarvas a 24°C kcal.dia <sup>-1</sup>
	Copépodes	Artêmias	Mista		Copépodes	Artêmias	Mista		Copépodes	Artêmias	Mista		
			Copépodes	Artêmias			Copépodes	Artêmias			Copépodes	Artêmias	
2	42,5	41,0	24,0	17,0	0,255	0,082	0,144	0,034	0,00128	0,00053	0,00072	0,00022	0,0802
3	30,5	44,8	21,5	21,5	0,183	0,090	0,090	0,043	0,00092	0,00058	0,00065	0,00028	0,0802
5	43,3	48,5	20,8	22,8	0,260	0,097	0,097	0,046	0,00130	0,00063	0,00062	0,00030	0,0802
Média	38,8	44,8	22,1	20,4	0,233	0,090	0,090	0,041	0,00116	0,00058	0,00066	0,00027	
DP	7,2	3,8	1,7	3,0	0,043	0,008	0,008	0,006	0,00021	0,00005	0,00005	0,00004	

É relevante observar que a importância do consumo de copépodes se torna evidente, pois a taxa de alimentação observada em relação aos copépodes aporta quase 2 vezes mais kcal.d<sup>-1</sup> do que a taxa de alimentação observada em relação às artêmias (Tabela 5).

**Tabela 5:** Valores médios observados e esperados das taxas de alimentação de paralarvas de *O. vulgaris* a 24°C. Estimativa do consumo em número e calorias de copépodes no período de 24 horas, para as idades de 2 a 50 dias.

Idade (dias)	Taxa de alimentação observada (kcal.d <sup>-1</sup> )		Taxa de alimentação estimada a 24°C (kcal.d <sup>-1</sup> )	Taxa metabólica estimada a 24°C (kcal.d <sup>-1</sup> )	Consumo de copépodes em número (n.d <sup>-1</sup> )	Consumo de copépodes em calorias (kcal.d <sup>-1</sup> )
	Artêmias	Copépodes				
2	0,0008	0,0014	0,146	0,0816	43	0,003
10	-	-	0,2507	0,1565	425	0,029
50	-	-	2,9792	3,1685	2125	0,145

#### 4. DISCUSSÃO

Este é o primeiro trabalho a estimar as taxas de ingestão em paralarvas de *Octopus vulgaris* utilizando suas presas naturais, os copépodes. Os resultados obtidos serão úteis para que se possa melhor compreender a ecologia trófica das paralarvas e suas necessidades nutricionais durante a fase de larvicultura, que continua representando o maior gargalo no cultivo de polvo, pois o oferecimento de um alimento vivo adequado e em grandes quantidades é considerado economicamente inviável (Fuentes *et al.*, 2011). Por este motivo, até o momento, as paralarvas de polvo somente foram cultivadas em escala experimental (Itami *et al.*, 1963; Hamazaki *et al.*, 1991; Villanueva, 1995; Villanueva *et al.*, 2002; Iglesias *et al.*, 2007; Villanueva & Norman, 2008; Seixas *et al.*, 2010; Fuentes *et al.*, 2011).

Os valores das taxas da primeira alimentação obtidos neste estudo foram superiores aos observados por Márques *et al.* (2007), que reportaram taxas de ingestão diárias máximas de 16 náuplios artêmia.d<sup>-1</sup> (0,85mm). Porém, estes autores utilizaram uma temperatura de 20°C, inferior à utilizada no presente trabalho e mantiveram presas e paralarvas em um volume muito reduzido (9 ml), o qual pode ter afetado no comportamento de natação das paralarvas.

A redução progressiva das taxas de ingestão observadas no presente estudo pode estar associada à diminuição da densidade de presas ( $\text{ind.L}^{-1}$ ) ao longo das 24h de experimento. Ou seja, após algumas horas se alimentando de forma intensa, o número de presas diminuiu e, conseqüentemente, o número de capturas por paralarva. É interessante notar que a redução ocorreu de forma gradual e contínua, porém houve grande diferença entre as taxas de consumo iniciais e finais, com maior variabilidade nas primeiras 6 horas.

A variabilidade na captura pode estar diretamente relacionada com o apetite do organismo, o sucesso de ataques, além de outros fatores. Hurley (1976) observou que o sucesso de uma seqüência de ataques em paralarvas de *L. opalescens*, depende da idade da paralarva, do tamanho e espécie da presa e da experiência adquirida ao longo do desenvolvimento da paralarva; atribuindo a variabilidade nas taxas de sucesso de captura a diferentes “estados motivacionais” das paralarvas de lulas. Tal variabilidade também foi reportada para larvas de diferentes espécies de crustáceos, resultando em diferenças individuais na capacidade de detectar ou perseguir presas ou da fase do ciclo de muda (Barros & Valenti, 2003); peixes pertencentes a uma determinada faixa de comprimento (Salvanes & Hart, 1998) e para adultos de *Octopus joubini* (Mather, 1980). Por estas razões, as taxas de consumo de alguns predadores não podem ser inteiramente explicadas apenas pelas taxas de ingestão (Marquéz *et al.*, 2007). De acordo com Dickel, *et al.* (1997) a variabilidade no desenvolvimento do cérebro durante o crescimento embrionário também pode causar disparidade no sucesso da primeira alimentação.

Outro fator que pode afetar as taxas de captura é a condição visual para detecção de presas. Márquez *et al.* (2007), investigaram a taxa de consumo e sucesso alimentar de paralarvas recém eclodidas de *O. vulgaris* sobre náuplios de artêmias em relação à intensidade da luz, cor de fundo e densidade de presas. Observaram que a taxa de ingestão variou significativamente entre as diferentes condições de iluminação e densidade de presa, sendo que a taxa de ingestão de presas foi 3 vezes menor durante o período escuro, o que faz certo sentido, uma vez que os polvos são considerados predadores visuais (Villanueva & Norman, 2008). Sugerindo que o fotoperíodo tem um efeito importante nas taxas de alimentação das paralarvas. Para Villanueva & Norman (2008), a

fototaxia positiva parece ser resposta comum das paralarvas de polvo, incluindo diversas espécies.

No entanto, os resultados do presente trabalho não apresentaram diferença significativa nas taxas de ingestão obtidas na presença e na ausência de luz, houve um decréscimo contínuo no consumo de presas durante o período de 24 h, independentemente da idade da paralarva e da presa oferecida. É possível que durante as primeiras horas do experimento o primeiro contato com a presa tenha sido mais importante do que a luminosidade. Desta forma as paralarvas não teriam reduzido as taxas de captura até atingirem certo conforto alimentar, ou seja, até ficarem saciadas. Sendo assim, fica evidente a necessidade de novos estudos que avaliem de forma mais concreta o comportamento predatório das paralarvas de *O. vulgaris* expostas a diferentes condições de iluminação, sobretudo estudos comparativos considerando populações de diferentes latitudes. Segundo Villanueva & Norman (2008) há uma grande necessidade de estudos mais detalhados, pois as informações sobre o tema são extremamente escassas na literatura.

Os cefalópodes são organismos possuidores de um complexo sistema nervoso e o fato de possuírem um cérebro relativamente bem desenvolvido os torna aptos para importantes adaptações comportamentais. A partir daí, o comportamento predatório em cefalópodes recém-eclodidos provém tanto de um comportamento inato quanto daquele dependente da experiência adquirida logo após a eclosão (Wells, 1992; Dickel *et al.*, 1997; Messenger, 1977; Chen *et al.*, 1996). Em um estudo de laboratório realizado com *Sepia officinalis*, Dickel *et al.* (1997), observaram que o desenvolvimento cerebral está relacionado com a visualização das presas e a necessidade de persegui-las. Portanto, sugerem que a exposição às presas imediatamente após a eclosão é essencial para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos processos de memória de curto prazo. Tal fato indica que retardar o oferecimento de presas às paralarvas pode ter um efeito deletério sobre o sucesso de captura de presas durante a primeira alimentação. Isto é, quanto antes as paralarvas forem expostas à presas potenciais, mais rápido poderão desenvolver estratégias de captura eficientes com base no aprendizado proveniente da visualização e contato com as mesmas.

No presente estudo, as paralarvas somente foram expostas a presas depois de 2, 3 e 5 dias após a eclosão, o que pode ter influenciado para que as taxas de ingestão diminuíssem conforme o atraso no oferecimento da primeira alimentação. Sob o ponto de vista da aquicultura, o oferecimento tardio de presas represente uma redução considerável nos custos de produção, visto que, nos dois primeiros dias de vida as paralarvas consomem principalmente suas reservas vitelínicas (Vidal *et al.*, 2002; Lenz *et al.* 2015). Porém, estudos prévios mostraram que o oferecimento de uma ampla variedade de presas, com diversos tamanhos e formas, imediatamente após a eclosão, favorece elevadas taxas de sobrevivência em paralarvas de lulas (Vidal *et al.*, 2002; Vidal & Boletzky, 2014). Para as paralarvas de polvo o mesmo parece ser verdadeiro e retardar o oferecimento de presas influenciaria tanto no sucesso de captura quanto nas taxas de mortalidade. Portanto, tal fato não causaria uma redução, mas um aumento nos custos de produção durante a larvicultura.

Com referência à utilização do modelo proposto por O'Dor & Wells (1987), verificou-se que o mesmo projetou um aumento considerável, para as diferentes idades e temperaturas, nas taxas metabólica, de alimentação e de crescimento. Quando se compara os dados observados no presente trabalho com os estimados pelo referido modelo, observa-se que a taxa de alimentação observada tanto para as artêmias como para o copépodes é inferior ao valor estimado pelo modelo a 24°C, assim como em relação à taxa metabólica estimada. Também, ao se comparar as taxas de alimentação observadas entre copépodes e artêmias, é importante salientar que o consumo de copépodes aporta quase 2 vezes mais calorias ao dia que o de artêmias, confirmando sua importância como presa nas fases iniciais do ciclo de vida dos cefalópodes (Vidal & Haimovici, 1999). Como a paralarva é um predador generalista (Roura *et al.*, 2012), uma alimentação baseada somente em artêmias e/ou copépodes, a longo prazo, não seria ideal para suprir as taxas metabólicas e de alimentação, que são representadas por um aumento considerável e evidente a partir da idade de 10 dias, e então promover o crescimento.

As taxas metabólicas esperadas aumentaram exponencialmente com o aumento da temperatura e isso ficou mais evidente para as temperaturas mais elevadas ( $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ). As taxas de alimentação estimadas pelo modelo seguiram uma tendência menos acentuada com o aumento da temperatura, semelhante a

tendência apresentada pelas taxas metabólicas, uma vez que a manutenção das elevadas demandas metabólicas requer também elevadas taxas de alimentação (O'Dor & Wells, 1987). Já a taxa de crescimento, mostrou curvas de tendência mais suaves, especialmente acentuadas a partir de temperaturas mais elevadas (24 – 28°C), como esperado, afinal, se o alimento não é o fator limitante, a temperatura se torna o fator-chave que influencia nas taxas de crescimento dos cefalópodes, particularmente durante as fases iniciais de crescimento (Forsythe, 1993).

Por fim, é possível concluir que o comportamento predatório das paralarvas envolve algumas habilidades específicas, sendo difícil associar os comportamentos observados com as experiências específicas adquiridas pelas paralarvas, indicando que há outras variáveis envolvidas e que devem ser consideradas, como: a idade em que a paralarva é submetida ao primeiro contato com a presa, o tempo de contato com a presa e o tipo de presa.

## 5. REFERÊNCIAS

- BARROS, H. P.; VALENTI, W. C., 2003. **Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergi***. Aquaculture, 217, 223–233.
- CHEN, D. S.; DYKHUIZEN, G. V.; HODGE, J.; GILLY, W. F., 1996. **Ontogeny of copepod predation in juvenile squid (*Loligo opalescens*)**. Biol. Bull., 190, p. 69-81.
- DICKEL, L.; CHICHERY, M. P.; CHICHERY, R., 1997. **Postembryonic development of the vertical lobe complex and early development of predatory behavior in the cuttlefish (*Sepia officinalis*)**. Neurobiology of Learning and Memory, 67, p. 150–160.
- DHONT, J.; LAVENS, P., 1996. **Tank production and use of on grown *Artemia***. In: Sorgeloos, P., Lavens, P. (Eds.), Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Fisheries Technical Paper No. 361. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 164-194.

DUMONT, H. J.; VAN DE VELDE, I.; DUMONT, S., 1975. **The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters.** *Oecologia*, 19, p. 75-97.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS, 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture*.

FORSYTHE, J. W., 1993. **A working hypothesis of how seasonal temperature change may impact the field growth at Young cephalopods.** In: OKUTNI, T.; O'DOR, R., K.; KUBODERA, T. (eds). *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*. Tokai University Press: Tokyo, Japan, p. 133-143.

FUENTES, L.; SÁNCHEZ, F. J.; LAGO, M. J.; IGLESIAS, J.; PAZOS, G.; LINARES, F., 2011. **Growth and survival of *Octopus vulgaris* (Cuvier 1797) paralarvae fed on three *Artemia*-based diets complemented with frozen fish flakes, crushed zooplankton and marine microalgae.** *Scientia Marina*, 75(4), p. 771-777.

GUERRA, A., 1978. **Sobre la alimentación y el comportamiento alimentario de *Octopus vulgaris*.** *Inv Pesq.*, 42, p. 351-364.

HAMAZAKI, H.; FUKUNAGA, K.; YOSHIDA, Y.; MARUYAMA, K., 1991. **Effects of marine microalgae *Nannochloropsis* sp. on survival and growth on rearing pelagic paralarvae of *Octopus vulgaris*, and results of mass culture in the tank of 20 metric tons.** *Saibai-giken*, 19, p. 75– 84 (In Japanese).

HAUG, J. T.; KRUTA, I.; HAUG, C., 2012. **A possible fossil paralarvae (Cephalopoda: Coleoidea) from the Solnhofen Lithographic Limestones. (Upper Jurassic, southern Germany).** *Palaeontologia Electronica*, 15, Issue 3; 28A, p. 8.

- HOPCROFT, R. R. & ROFF, J. C., 1996. **Zooplankton growth rates: diel egg production in the copepods *Oithona*, *Euterpina* and *Corycaeus* from tropical waters.** J. Plankton Res., 18(5), p. 789-803.
- HOPCROFT, R. R. & ROFF, J. C., 1998. **Zooplankton growth rates: the influence of size in nauplii of tropical marine copepods.** Mar. Biol., 132, p. 87- 96.
- HURLEY, A. C., 1976. **Feeding behavior, food consumption, growth and respiration of the squid *Loligo opalescens* raised in the laboratory.** Fish. Bull. U. S., 74(2), p. 433-442.
- IGARASHI, M. A., 2010. **Situação atual e o potencial para o desenvolvimento do cultivo de polvo no Brasil.** Revista Acadêmica Ciência Agrária e Ambiental, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 417-427.
- IGLESIAS, J.; SÁNCHEZ, F. J.; OTERO, J. J.; MOXICA, C., 2000. **Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier). Present knowledge, problems and perspectives.** Cah. Options Méditerran., 47, p. 313-321.
- IGLESIAS, J.; SÁNCHEZ, F. J.; BERSANO, J. G. F.; CARRASCO, J. F.; DHONT, J.; FUENTES, L.; LINARES, F.; MUÑOZ, J. L.; OKUMURA, S.; ROO, J.; VAN DER MEEREN, T.; VIDAL, E. A. G.; VILLANUEVA, R., 2007. **Rearing of *Octopus vulgaris* paralarvae: present status, bottlenecks and trends.** Aquaculture, 266, p. 1-15.
- IMAMURA, S., 1990. **Larval rearing of *Octopus* (*Octopus vulgaris* Cuvier). The progress of technological development and some problems remained.** Collect. Breed, 52, p. 339–343.
- ITAMI, K.; IZAWA, Y.; MAEDA, S.; NAKAI, K., 1963. **Notes of the laboratory cultures of the *Octopus* larvae.** Nippon Suisan Gakkaishi. 29, p. 514-520 (In Japanese with English abstract).

- KOUETA, N.; CASTRO, B. G.; BOUCAUD-CAMOU, E., 2000. **Biochemical indices for instantaneous growth estimation in young cephalopod *Sepia officinalis* L.** ICES Journal of Marine Science, 57, p. 1–7.
- LAURENCE, G. C., 1976. **Caloric values of some North Atlantic calanoid copepods.** Fish. Bull. US, 74, p. 218–220.
- LENZ, T. M.; ELIAS, N. H.; LEITE, T. S.; VIDAL, E. A. G., 2015. **First description of the eggs and paralarvae of the tropical Octopus, *Octopus insularis*, under culture conditions.** Amer. Malac. Bull., 33(1), p. 1-9.
- LIÉGER, P.; BENGTON, D., A.; SORGELOOS, P.; SIMPSON, K. L.; BECK, A. D., 1987. **The nutritional value of *Artemia*: a review.** In: SORGELOOS, P.; BENGTON, D., A.; DECLEIR, W.; JASPERS, E. (eds). Universa Pres, Wetteren, Belgium, 3, p. 556.
- MANN, K. H. & LAZIER, J. R., 1991. **Dynamic of marine ecosystems. Biological-physical interaction in the oceans.** Blackwell Sci. Publ. Boston, p. 466.
- MÁRQUEZ, L.; QUINTANA, D.; ALMANSA, E.; NAVAS, J. I., 2007. **Effects of visual conditions and prey density on feeding kinetics of paralarvae of *Octopus vulgaris* from a laboratory spawning.** Journal of Molluscan Studies, 73, p. 117–121.
- MATHER, J. A., 1980. **Some aspects of food intake in *Octopus joubini*** Robson. Veliger, 22, p. 286–290.
- MATHER, J. A., 1991. **Foraging, feeding and prey remains in middens of juvenile *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda).** J. Zool. Lond., 224, p. 27-39.
- MAZÓN, M. J.; PIEDECAUSA, M. A.; HERNÁNDEZ, M. D.; GARCÍA, B. G., 2007. **Evaluation of environmental nitrogen and phosphorus contributions as**

- a result of intensive on growing of common octopus (*Octopus vulgaris*).**  
Aquaculture, 266, p. 226-235.
- MESSENGER, J. B., 1977. **Prey-capture and learning in the cuttlefish, *Sepia*.**  
Symp. Zool. Soc. Lond., 38, p. 347-376.
- NAVARRO, J. C.; VILLANUEVA, R., 2000. **Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements.**  
Aquaculture, 183, p. 161–177.
- NAVARRO, J. C.; VILLANUEVA, R., 2003. **The fatty acid composition of *Octopus vulgaris* paralarvae reared with live and inert food: deviation from their natural fatty acid profile.** Aquaculture, 219, p. 613-631.
- NIGMATULLIN, C. M.; OSTAPENKO, A. A., 1976. **Feeding of *Octopus vulgaris* Lam. from the northwest Africa coast.** ICES CM, p. 1-15.
- NIXON, M., 1987. **Cephalopods diet.** In: BOYLE, P. R. (ed) Cephalopod life cycles, comparative reviews. Academic Press, London, 2, p. 201-219.
- O'DOR, R. K.; WELLS, M. J., 1987, **Energy and nutrient flow.** In: Boyle P.R. (Ed.) Cephalopod life cycles. London, Academic Press, 2, p. 109-134.
- PARRA, G.; VILLANUEVA, R.; YÚFERA, M., 2000. **Respiration rates in late eggs and early hatchlings of the common octopus, *Octopus vulgaris*.**  
J.Mar. Biol. Assoc. U.K., 80, p. 557–558.
- PASSARELLA, K. C.; HOPKINS, T. L., 1991. **Species composition and food habits of the micronektonic cephalopod assemblage in the eastern Gulf of Mexico.** Bull. Mar. Sci., 49, p. 638–659.
- ROURA, A.; GONZÁLEZ, F. A.; REDD, K; GUERRA, A., 2012. **Molecular prey identification in wild *Octopus vulgaris* paralarvae.** Mar. Biol., 159, p. 1335-1345.

- SALVANES, A. G. V.; HART, P. J. B., 1998. **Individual variability in state-dependent feeding behaviour in three-spined sticklebacks.** *Animal Behaviour*, 55, p. 1349–1459.
- SEIXAS, P.; REY-MÉNDEZ, M.; VALENTE, L. M. P.; OTERO, A., 2010. **High DHA content in *Artemia* is ineffective to improve *Octopus vulgaris* paralarvae rearing.** *Aquaculture*, 300, p. 156-152.
- SMALE, M. J.; BUCHAN, P. R., 1981. **Biology of *Octopus vulgaris* of the east coast of South Africa.** *Mar. Biol.*, 65, p. 1-12.
- VAZ-PIRES, P.; SEIXAS, P.; BARBOSA, A., 2004. **Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review.** *Aquaculture*, 238, p. 221-238.
- VECCHIONE, M., 1991. **A method for examining the structure and contents of the digestive tract in paralarvae squids.** *Bull. Mar. Sci.*, 49, p. 300-308.
- VIDAL, E. A. G.; HAIMOVICI, M., 1999. **Digestive tract parasities in rhyngoteuthion squid paralarvae, particularly in *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae).** *Fish. Bull.*, 97, p. 402-405.
- VIDAL, E. A. G.; DIMARCO, F. P.; WORMUTH, J. H.; LEE, P. G., 2002. **Influence of temperature and food availability on survival, growth and yolk utilization in hatchling squid.** *Bulletin of Marine Science*, 71, p. 915–931.
- VIDAL, E. A. G.; BOLETZKY, S. V., 2014. ***Loligo vulgaris* and *Doryteuthis opalescens*.** In: Iglesias, J., Fuentes, L., Villanueva, R. (Eds.), *Cephalopod Culture*. Springer Netherlands, London, p. 271–313.
- VIDAL, E. A. G.; VILLANUEVA, R.; ANDRADE, J. P.; GLEADALL, I. G.; IGLESIAS, J.; NOUSSITHÉ, K.; ROSAS, C.; SEGAWA, S.; GRASSE, B.; FRANCO-SANTOS, R. M.; ALBERTIN, C. B.; CAAMAL-MONSREAL, C.;

- CHIMAL, M. E.; EDSINGER-GONZALES, E.; GALLARDO, P.; LE PABIC, C.; PACUAL, C.; ROUMBEDAKIS, K.; WOOD, J., 2014. **Cephalopod Culture: Current Status of Main Biological Models and Research Priorities.** In Erica AG Vidal, editor, *Advances in Marine Biology*, Oxford, United Kingdom, 67, p. 1-98.
- VILLANUEVA, R., 1995. **Experimental rearing and growth of planktonic *Octopus vulgaris* from hatching to settlement.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, p. 2639–2650.
- VILLANUEVA, R.; KOUETA, N.; RIBA, J.; BOUCAUD-CAMOU, E., 2002. **Growth and proteolytic activity of *Octopus vulgaris* paralarvae with different food rations during first-feeding, using *Artemia* nauplii and compound diets.** *Aquaculture*, 205, p. 269-286.
- VILLANUEVA, R. & NORMAN, M. D., 2008. **Biology of planktonic stages of benthic octopuses.** *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 46, p. 105-202.
- WEBBER, M. K. & ROFF, J. C., 1995. **Annual structure of the copepod community and its associated pelagic environment off Discovery Bay.** *Jamaica. Mar. Biol.*, 123, p. 467-479.
- WELLS, M. J., 1962. **Early learning in *Sepia*.** *Symp. Zool. Sot. Lond.*, 8, p. 149-169.
- YOUNG, R. E. & HARMAN, R. F., 1988. **“Larva”, “paralarva” and “subadult” in cephalopod terminology.** *Malacologia*, 29, p. 201–208.