

Otimização dos processos de cultivo do camarão
Palaemon varians Leach, 1814 [in Leach 1813-1815]

Rita Sarreira Rocha

Otimização dos processos de cultivo do camarão
***Palaemon varians* Leach, 1814 [in Leach 1813-1815]**

Rita Sarreira Rocha

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do
Doutor Sérgio Miguel Franco Martins Leandro

[2021]

**Otimização dos processos de cultivo do camarão *Palaemon varians* Leach, 1814 [in
Leach 1813-1815]**

Copyright © Rita Sarreira Rocha

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, Instituto Politécnico de Leiria

A Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e o Instituto Politécnico de Leiria têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação termina mais uma etapa da minha vida, com muitos altos e baixos, e quero antes de mais, sob pena de esquecer alguém, agradecer a todos os que fizeram parte dela.

Agradeço imenso ao Doutor Sérgio Leandro, pelo apoio, conselhos e confiança durante esta caminhada e por me ter disponibilizado todo o material que necessitei para tornar este trabalho possível.

À professora Sónia Cotrim, por estar sempre disponível para me ajudar, por todos os conselhos que me deu e pelos conhecimentos que partilhou comigo. Muito obrigada!

Ao Doutor Anxo Conde, por toda a ajuda, atenção disponibilizada durante o meu tempo como aluna em dissertação e orientação no meu tempo como bolsista.

À Joana Figueira por toda a amizade, apoio, disponibilidade e paciência que teve comigo durante todo o tempo que passamos quer a contar *Artemia* quer a enviar camarões pelo portal de Nárnia. Um ENORME obrigada!

Aos meus pais, por todos os ensinamentos transmitidos ao longo da minha existência e que fazem de mim a pessoa que sou hoje, por todos os esforços e sacrifícios que fizeram por mim, sem os quais não existiria nem passado, nem presente nem futuro para mim.

Agradeço também aos meus colegas, Estevão por todo o apoio, boa disposição e música que tanto alegraram os dias de biometria; André Mendes, Carlos Pinto, Inês Duarte, Daniela Santos, Daniel Marques e Simão Maia por todo o apoio e amizade.

A todos os meus amigos e colegas, que de certa forma fizeram parte do meu percurso académico, em especial ao Rúben, à Carminho e ao Xico, por serem pessoas maravilhosas e por terem tido a paciência de me aturarem todos estes anos nos bons e nos maus momentos.

*Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”
(Marthin Luther King).*

RESUMO

O pescado é das mercadorias mais comercializadas e a principal fonte de proteína animal em muitas regiões do mundo. Com a estagnação das capturas da pesca e a necessidade contínua de peixe para a alimentação, a produção de produtos aquícolas com qualidade é uma grande preocupação durante os próximos anos. É também evidente que a pesca está a colocar os ecossistemas marinhos mundiais sobre uma grande pressão e, por isso, a aquacultura tem vindo a ganhar maior importância que as pescas como fonte de alimento. A produção de camarão em aquacultura atingiu quase 4 milhões de toneladas, em 2018. Neste ano, os sete principais mercados importaram 2,7 milhões de toneladas de camarão, 31% mais do que em 2017.

Palaemon varians, é um pequeno crustáceo decápode, da Infraordem Caridea, com características euritérmicas e eurihalinas e uma vasta distribuição geográfica na Europa, habitando principalmente salinas e estuários. Em Portugal, é nos estuários do Tejo e do Sado onde existe maior densidade deste camarão, havendo pesca direcionada. A camarinha é uma espécie de camarão que possui grande interesse económico e biológico, apresentando diversas características, como o ciclo de vida curto, a facilidade de manutenção do cultivo em cativeiro, o desenvolvimento larvar abreviado e a plasticidade a diversas condições ambientais.

O presente trabalho teve como principal objetivo contribuir para o aumento do conhecimento das respostas de *Palaemon varians* ao nível da ingestão larvar, desenvolvimento larvar e crescimento juvenil, quando sujeita a diferentes condições de cultivo em sistema RAS, avaliando o efeito das condições de iluminação na taxa de ingestão e no crescimento durante o desenvolvimento larvar e avaliando o efeito da coluna de água e da densidade no crescimento de juvenis. Para tal, as larvas foram expostas a duas diferentes condições de iluminação – azul (455 nm) e branco (445 nm), desde a eclosão dos ovos até ao seu assentamento, e os juvenis foram sujeitos a diferentes níveis de altura de coluna de água (4 e 7 cm) e densidade (5 e 10 ind/L), durante 28 dias.

Neste estudo, observou-se que as larvas de *P. varians* não são afetadas pelas condições de iluminação do cultivo, uma vez que o crescimento e a ingestão dos dois grupos se mantiveram semelhantes durante o todo o desenvolvimento larvar. No entanto, a duração

da fase larvar e o número “repetições” de estádios foi menor na condição com a iluminação branca. Ficou também evidente que a taxa de ingestão das larvas depende principalmente do estádio larvar, apresentando lecitotrofia nos estádios zoea 1 e zoea 2 e o pico de alimentação em zoea 3.

Deste estudo, foi possível obter bons valores de crescimento em sistemas de cultivo de baixa densidade com a altura da coluna de água reduzida, no entanto são necessários mais estudos que confirmem estes resultados. O índice de conversão alimentar também apresentou ser influenciado pela densidade de cultivo e a redução drástica deste aos 21 dias de cultivo sugere que a remoção do biofilme acumulado nas paredes dos aquários do sistema foi benéfica na avaliação da conversão alimentar dos camarões.

Palavras-chave: Altura da coluna de água; Cor; Crescimento; Densidade; *Palaemon varians*; Taxa de Ingestão.

ABSTRACT

Seafood is one of the most traded commodities and the main source of animal protein in many regions of the world. With stagnating catches from fisheries and the continued need for fish for food, the production of quality aquaculture products is a major concern for years to come. It is also clear that fishing is putting the world's marine ecosystems under great pressure and therefore aquaculture is gaining greater importance than fisheries as a source of food. Aquaculture shrimp production reached almost 4 million tonnes in 2018. This year, the seven major markets imported 2,7 million tonnes of shrimp, 31% more than in 2017.

Palaemon varians, is a small decapod crustacean, of the Infraorder Caridea, with eurythermic and euryhaline characteristics and a wide geographical distribution in Europe, inhabiting mainly salt marshes and estuaries. In Portugal, it is in the Tejo and Sado estuaries where the highest density of this shrimp is found and where is targeted fishing. The shrimp is a species of shrimp with great economic and biological interest, presenting several characteristics, such as the short life cycle, the ease of maintenance of cultivation in captivity, the abbreviated larval development, and the plasticity that it possesses to several unfavourable environmental conditions.

The main objective of the present work was to contribute to the increased knowledge of the responses of *Palaemon varians* to larval intake, larval development and juvenile growth, when subjected to different culture conditions in a RAS system, by evaluating the effect of different lighting conditions on the intake rate and growth during larval development and by evaluating the effect of water column and density on juvenile growth. For this purpose, larvae were exposed to two different lighting conditions – blue (455 nm) and white (445 nm), from egg hatching to settlement, and juveniles were subjected to different levels of water column height (4 and 7 cm) and density (5 and 10 ind/L), for 28 days.

In this study, it was observed that *P. varians* larvae are not affected by the lighting conditions of the culture, since the growth and ingestion of the two groups remained similar throughout the larval development. However, the duration of the larval stage and the number of "repeating" stages was shorter under the white condition. It was also evident that the larval

ingestion rate of the larvae depended mainly on the larval stage, showing lecithotrophy in zoea 1 and zoea 2 and peak feeding in zoea 3.

From this study, it was possible to obtain good growth values in low density culture systems with reduced water column height, however further studies are required to confirm these results. The food conversion index was also shown to be influenced by the culture density and the drastic reduction of this index at 21 days of culture suggests that the removal of the biofilm accumulated on the aquarium walls of the system was beneficial in the evaluation of the food conversion of the prawns.

Keywords: Water column height; Colour; Growth; Density; *Palaemon varians*; Ingestion rate.

ÍNDICE

Agradecimentos	v
Resumo	vii
<i>Abstract</i>	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Aquacultura.....	1
1.1.1. Situação mundial	1
1.1.2. Aquacultura em Portugal	4
1.1.3. Produção de camarão em aquacultura	4
1.1.4. Sistemas de Recirculação em Aquacultura (RAS)	5
1.1.5. Sensibilidade à luz e comportamento	6
1.2. O potencial <i>Palaemon varians</i> para aquacultura	7
1.2.1. Taxonomia da espécie	7
1.2.2. Habitat e Distribuição geográfica	8
1.2.3. Hábitos alimentares	9
1.2.4. Biologia Reprodutiva.....	10
1.2.5. Captura e Produção de camarinha	13
1.2.6. Importância Económica da Camarinha.....	15
1.3. Objetivos do estudo	16
2. Materiais e Métodos	17
2.1. Recolha e Manutenção de Reprodutores <i>P. varians</i>	17
2.2. Ensaio Experimental 1 – Efeito das condições de luz no tempo de desenvolvimento, na taxa de ingestão e de estágios larvares.....	19

2.3. Ensaio experimental 2 – Efeito da altura da coluna de água e da densidade cultivo no crescimento de juvenis	21
2.4. Análise Estatística	24
3. Resultados	25
3.1. Ensaio Experimental 1	25
3.2. Ensaio Experimental 2	28
4. Discussão	33
4.1. Ensaio Experimental 1	33
4.2. Ensaio Experimental 2	35
5. Conclusão e Perspetivas Futuras	39
6. Referências Bibliográficas	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1- Produção de aquacultura na Europa em 2018. Adaptado de Eurostat (2020). .. 3	3
Figura 1.2 - Morfologia externa de <i>Palaemon varians</i> . Adaptado de Figueira (2020). 8	8
Figura 1.3 - Distribuição geográfica de <i>Palaemon varians</i> . Adaptado de Pinto, 2010. 9	9
Figura 1.4 - Fotografia de uma fêmea de <i>Palaemon varians</i> com ovos em desenvolvimento. Fotografia da autora. 10	10
Figura 1.5 - Desenvolvimento embrionário de <i>Palaemon varians</i> : (a) estágio 1; (b) estágio 2; (c) estágio 3; (d) estágio 4; (e) estágio 5; (f) larva recém eclodida em estágio zoea 1. Adaptado de Mendes, 2008 e Rodríguez <i>et al.</i> , 1993. 12	12
Figura 1.6 – Fases larvares de <i>Palaemon varians</i> , desde zoea 1 a zoea 5 (Simonka, 2020). 13	13
Figura 2.1 - Mapa do local de recolha (ponto vermelho) dos reprodutores <i>Palaemon varians</i> selvagens (Alcochete, Portugal). 17	17
Figura 2.2 - Sistema de manutenção dos reprodutores selvagens (esquerda) e sistema de manutenção para isolamento das fêmeas ovígeras (direita). 18	18
Figura 2.3 - Medição do comprimento total (μm) – (A) zoea 1 e (B) juvenil de <i>Palaemon varians</i> 19	19
Figura 2.4 - Esquema do ensaio para avaliação das condições de luz no desenvolvimento larvar de <i>Palaemon varians</i> 19	19
Figura 2.5 – Sistema utilizado no ensaio experimental para avaliação do efeito da luz na taxa de ingestão e crescimento durante o desenvolvimento larvar de <i>Palaemon varians</i> . (Fotografia da autora). 20	20
Figura 2.6 – Exemplo do procedimento de medição de juvenis de <i>Palaemon varians</i> . Do lado esquerdo, no primeiro dia de ensaio e do lado direito no último dia de ensaio. (Fotografias da autora). 23	23

Figura 3.1 - Duração larval (média \pm desvio padrão) de *Palaemon varians* de acordo com diferentes condições de iluminação..... 25

Figura 3.2 – Proporção dos diferentes estádios larvares de *Palaemon varians* ao longo do tempo (dias) nas diferentes condições de iluminação (a – luz branca, b – luz azul)..... 26

Figura 3.3 - Taxa de crescimento específico (média \pm desvio padrão) de *Palaemon varians*, nas diferentes condições de iluminação. 27

Figura 3.4 - Taxa de ingestão (média \pm desvio padrão, estágio larvar) de *Palaemon varians* ao longo do desenvolvimento larvar e nas diferentes condições de iluminação utilizadas no cultivo dos estádios de desenvolvimento (Z1 a Z5 – Estádios larvares)..... 27

Figura 3.5 - Incremento do comprimento total (mm) dos juvenis *Palaemon varians* cultivados nas diferentes condições, ao longo dos 28 dias de ensaio, em sistema de recirculação de água (valores médios \pm desvio padrão, as barras que apresentam letras diferentes indicam a existência de diferenças estatisticamente significativas). 28

Figura 3.6 - Incremento do peso (mg) dos juvenis de *Palaemon varians* cultivados nas diferentes condições em sistema de recirculação de água, ao fim de 28 dias de ensaio (valores médios \pm desvio padrão, as barras que apresentam letras diferentes indicam a existência de diferenças estatisticamente significativas). 29

Figura 3.7 - Taxa de crescimento específico (média \pm desvio-padrão) de juvenis de *Palaemon varians*, obtidas de acordo com as diferentes condições de cultivo ao fim de 28 dias de ensaio. As barras que apresentam letras diferentes são diferentes significativamente pela ANOVA..... 30

Figura 3.8 - Índice de conversão alimentar (média \pm desvio-padrão, dias) dos juvenis de *Palaemon varians*, cultivados nas diferentes condições, ao longo de 28 dias de ensaio. As barras que apresentam letras diferentes são diferentes significativamente pela ANOVA.. 32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Condições testadas no ensaio experimental 2.....	22
Tabela 2 - Quantidade de alimento (média ± desvio padrão, mg) fornecido diariamente..	22
Tabela 3 - Tempo de desenvolvimento (média ± desvio-padrão) dos estágios larvares de <i>Palaemon varians</i> sujeitos a diferentes condições de iluminação (* $p < 0,05$).....	25
Tabela 4 - Resultados da ANOVA 2-fatores relativamente ao efeito da luz e dos estágios na duração dos estágios de desenvolvimento das larvas de <i>Palaemon varians</i> . SS, df, MS e Z são parâmetros do teste. $p = 0,05$	26
Tabela 5 – Resultados da ANOVA 2-fatores relativamente ao efeito da altura da coluna de água e da densidade no incremento do comprimento e do peso dos juvenis de <i>Palaemon varians</i> . SS, MS, df e Z são parâmetros do teste. $p = 0,05$	29
Tabela 6 - Resultados da ANOVA 2-fatores na influência da altura da coluna de água e da densidade no incremento do comprimento e do peso dos juvenis de <i>Palaemon varians</i> . SS, MS, df e Z são parâmetros do teste. $p = 0,05$	31

Página intencionalmente deixada em branco

1. INTRODUÇÃO

1.1. AQUACULTURA

A aquacultura pode ser definida como a produção de animais e plantas com habitat predominantemente aquático, em cativeiro numa grande variedade de ambientes, nomeadamente águas doces, salobras e marinhas (Ahmed & Thompson, 2019; Asche, 2008; Lucas & Southgate, 2012). O cultivo destes organismos implica que a sua reprodução, manutenção e colheita sejam feitas em ambientes controlados e, para ser considerado um produto com origem aquícola é necessário que este possua algum tipo de intervenção humana durante o seu ciclo de vida.

Considerando os tipos de organismos produzidos é possível dividir a produção aquícola em quatro grupos diferentes: algas, crustáceos, moluscos e peixes, existindo para cada tipo uma denominação específica, como moluscicultura para o cultivo de moluscos bivalves, carcinicultura para aquacultura de camarão e algacultura para a produção de algas (Lucas & Southgate, 2012).

1.1.1. SITUAÇÃO MUNDIAL

Embora a aquacultura seja um método de produção alimentar muito antigo, não era até à década de 70 do século XX considerada uma atividade importante em termos de quantidade quando comparada com a produção agrícola intensiva (Asche, 2008). Atualmente, é o setor de produção com o crescimento mais rápido, tendo expandido globalmente a uma taxa anual de 8%, nos últimos 30 anos (Garlock *et al.*, 2020; Norman *et al.*, 2019). Este método de produção alimentar tem sido responsável pelo fornecimento de peixe para consumo humano e, para conseguir responder às necessidades de uma população em crescimento, a sua produção terá de aumentar de forma a preencher a diferença entre a oferta e a procura de alimento (Ahmed & Thompson, 2019). De acordo com um estudo recente, foi concluído que até 2030 a aquacultura irá assegurar cerca de 60% de pescado (peixe, moluscos e crustáceos) para o consumo humano (Norman *et al.*, 2019).

O pescado é um dos bens mais comercializados a nível mundial, sendo a principal fonte de proteína animal em muitas regiões do mundo (Ottinger *et al.*, 2016). Com a estagnação das capturas da pesca global, o rápido crescimento da população mundial, as

alterações climáticas, o colapso dos stocks selvagens e a necessidade contínua de pescado para a alimentação, a produção de produtos aquícolas com qualidade é um grande desafio para a segurança alimentar mundial durante os próximos anos (Ahmed & Thompson, 2019; Mavraganis *et al.*, 2020; Ottinger *et al.*, 2016). A população mundial, em 2017, foi estimada em cerca 7,6 mil milhões pessoas e estando a crescer por volta de 83 milhões ao ano, cria um assustador desafio de alimentar uma população mundial que deverá atingir os 8,6 mil milhões pessoas até 2030 (Ahmed & Thompson, 2019). Por isso, é expectável um aumento da produção da aquacultura mundial para as 109 milhões de toneladas em 2030, com um crescimento de 32% em relação ao ano de 2018.

É amplamente reconhecido que a pesca está a colocar os ecossistemas marinhos mundiais sobre uma grande pressão, estando quase 30% dos stocks marinhos sob explorados e 17% à beira do colapso (Trindade-Santos *et al.*, 2020). Por isso, a aquacultura tem vindo a ganhar maior importância que as pescas como fonte de alimento, tendo contribuído, no ano de 2018, a nível mundial com 114,5 milhões de toneladas (equivalente a 401 mil milhões dólares americanos) enquanto as pescas contribuíram com 96,4 milhões toneladas. Da produção total em aquacultura, 82,1 milhões correspondem ao pescado e 32,4 milhões à produção de plantas. Na produção de pescado, 54,3 milhões de toneladas representam a produção de peixe, 17,7 milhões a produção de moluscos, 9,4 milhões de crustáceos e 936 700 toneladas a produção conjunta de tartarugas, invertebrados marinhos e rãs (FAO, 2020).

Apesar das pescas e da aquacultura serem indústrias semelhantes na produção de pescado, a aquacultura consegue-se diferenciar das pescas de algumas formas, sendo um ecossistema artificial que tem consequências positivas e negativas nos ecossistemas naturais que o rodeiam (Nadarajah & Flaaten, 2017). A produção de peixe em cativeiro é considerada uma das formas mais eficientes de produção de alimento, com uma taxa de conversão alimentar semelhante à da produção de aves (Norman *et al.*, 2019). Em termos da pegada de carbono, a produção bovina e a ovinocultura são as que mais emitem gases independentemente se é de produção intensiva (~25kg CO₂/kg de carne) ou extensiva (~58kg CO₂/kg de carne). A suinicultura tem emissões muito semelhantes à da produção de pescado em aquacultura (~12kg CO₂/kg de carne), sendo que da produção de aves resultam os valores mais baixos de emissão de CO₂ para a atmosfera (~6kg CO₂/kg de carne) (Norman *et al.*, 2019).

Embora a aquacultura seja por vezes responsabilizada por gerar poluição aquática, o contrário é frequentemente observado (Mavranganis *et al.*, 2020). Atualmente, existe a preocupação de conseguir alcançar uma “aquacultura sustentável”, que tem como objetivo a produção contínua de pescado para consumo humano sem prejudicar os ecossistemas existentes ou exceder a capacidade de renovação dos recursos naturais do planeta para a sua produção (Boyd *et al.*, 2020). A diversificação da atividade aquícola é apresentada frequentemente como uma das formas para alcançar o desenvolvimento sustentável da aquacultura. Esta diversificação na aquacultura pode ser abordada de várias maneiras, desde os sistemas de produção, ao mercado e às espécies com potencial para a aquacultura (Metian *et al.*, 2020; Norman *et al.*, 2019).

No continente europeu, a produção estimada no ano de 2018 foi de 1,4 milhões de organismos aquícolas (equivalente a 5,1 mil milhões euros), correspondendo a um quinto do total das pescas. Em termos de produção, o setor europeu da aquacultura encontra-se no oitavo lugar a nível mundial, com um volume de 1,6% do total global. A Espanha produziu mais de um quinto (23%), seguida pelo Reino Unido (16,3%), França (13,8%), Itália (11,4%) e Grécia (9,2%) (Figura 1.1).

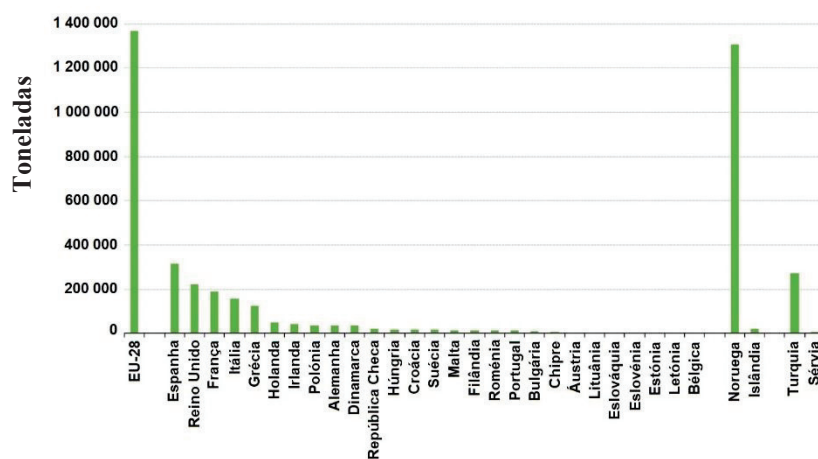


Figura 1.1- Produção de aquacultura na Europa em 2018. Adaptado de Eurostat (2020).

Para ter outra perspetiva da aquacultura na União Europeia (UE), o volume e o valor da produção da Noruega excederam o total de toda a UE, tendo produzido 1,3 milhões de toneladas de pescado (quase exclusivamente salmão), com um valor total de 7 mil milhões de euros, em 2017. A Noruega foi o sétimo maior produtor mundial, contribuindo com 1,7% e o segundo maior exportador de organismos aquícolas, depois da China (Eurostat, 2020).

1.1.2. AQUACULTURA EM PORTUGAL

Apesar do grande avanço da aquacultura a nível mundial, a UE não tem seguido esta tendência, permanecendo com volumes de produção constante desde 2000. Portugal é um país costeiro que possui grande potencial para a produção aquícola devido às ótimas condições climáticas e disponibilidade de locais com excelente qualidade de água. Em 2017, a produção aquícola nacional correspondeu apenas a 7,6% das descargas de pescado, comprovando que a aquacultura não tem sido considerada pelo consumidor uma alternativa ao pescado selvagem (DGRM, 2020).

Em 2018, o sector aquícola nacional foi responsável por uma produção de 13 992 toneladas de pescado, tendo gerado uma receita de 96,8 milhões de euros, correspondendo a um aumento de 11,5% em volume e de 18,5% em valor, face aos dados de 2017. A produção em ambientes de águas salobras e marinhas permaneceram as mais importantes, correspondendo a 95% da produção total. Desta percentagem, a produção de peixe representou 27,6% da produção total (menos 18% em relação a 2017), da qual 90% corresponde ao cultivo de dourada e de pregado. A produção de moluscos e de crustáceos, pelo contrário aumentou de 32,1% para 67,2% da produção total e a aquacultura em água doce contabilizou a 5% do total da produção aquícola nacional, mantendo-se semelhante ao 2017, com 967 toneladas produzidas (DGRM, 2020).

1.1.3. PRODUÇÃO DE CAMARÃO EM AQUACULTURA

Em 2018, a produção total de camarão em aquacultura atingiu 3 455 692 mil milhões de toneladas. Neste ano, os sete principais mercados importaram 2,7 milhões de toneladas de camarão, 31% mais do que em 2017. As importações aumentaram também em outros mercados emergentes no Este da Ásia e Médio Oriente e dentro dos mercados convencionais, as importações cresceram nos Estados Unidos da América e na UE-28, no entanto diminuíram no Japão e na Austrália (Goblefish, 2019).

Quanto às espécies de camarão mais produzidas globalmente, a liderança continua a pertencer, desde 2003, a *Penaeus vannamei*, que em 2018, apresentou uma produção anual de cerca de 5 milhões de toneladas, correspondendo a 53% da produção total de crustáceos. Em segundo da tabela, encontra-se o *Penaeus monodon* com uma produção de 0,7 milhões

de toneladas (8%). Seguem-se o *Macrobrachium nipponense* e o *Macrobrachium rosenbergii*, ambas com produção perto das 0,2 milhões de toneladas (2,5%) (FAO, 2020).

1.1.4. SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO EM AQUACULTURA (RAS)

Os sistemas de recirculação em aquacultura (RAS) representam uma nova forma de produção aquícola, pois em vez dos métodos tradicionais *outdoor* que utilizam lagoas e *raceways*, permitem o cultivo de organismos em tanques *indoor*, num ambiente sob condições controladas (Helfrich & Libey, 2010). O RAS é um sistema de produção em que a água é quase totalmente reutilizada após percorrer etapas de tratamento em filtros mecânicos e biológicos, numa tentativa de redução do consumo de água e energia e da libertação de nutrientes para o ambiente (Duarte *et al.*, 2019; Martins *et al.*, 2010; van Rijn, 2013; Zhang *et al.*, 2011).

A quantidade de resíduos produzidos no Japão a partir da aquacultura, independentemente do tipo de produção, é tão elevada que uma tonelada de peixe produz 0,8 kg de azoto e 0,1 kg de fósforo, o que equivale, em média, aos resíduos produzidos por 73 pessoas por dia (Dauda *et al.*, 2019). Desta forma, os sistemas RAS vêm fornecer a solução para alguns dos problemas existentes, pois permite a produção isolada de animais aquáticos (van Rijn, 2013) e diminuir potenciais impactos ambientais (ex. eutrofização e dependência hídrica), aumentando a reciclagem dos nutrientes e melhorando a gestão dos resíduos (Badiola *et al.*, 2018). No entanto, apesar das suas características ‘amigas’ do ambiente e do crescente número de países europeus que estão a aplicar o RAS, a sua contribuição para a produção ainda é pequena em comparação com a produção em jaulas, *raceways* ou lagoas (Martins *et al.*, 2010).

Os sistemas RAS foram desenvolvidos principalmente para apoiar a produção intensiva de peixe quando a disponibilidade de água é reduzida. Estes sistemas permitem um maior controlo do operador sobre a qualidade ambiental e da água, permitindo as condições ótimas para a produção. Por outro lado, os elevados custos de capital e operacionais, a exigência de uma gestão muito cuidada e as dificuldades no tratamento das doenças são as principais limitações no RAS. Para além disso, a contínua renovação da água implica uma bombagem constante para a entrada de água nova, levando a um elevado custo de eletricidade (Badiola *et al.*, 2012).

Estes sistemas são operados tanto em *outdoor* como *indoor* (Maigual-Enriquez *et al.*, 2019). Nos sistemas RAS *indoor*, a maior parte dos resíduos produzidos pelos organismos é removida através de uma corrente efluente que é tratada (tanques de decantação e/ou decomposição bacteriana) antes da descarga final. Os sistemas RAS *outdoor*, utilizados com maior frequência em zonas de climas mais quentes, são regularmente operados com redução de resíduos dentro do circuito de recirculação, onde organismos fotossintéticos (plantas e algas) estão frequentemente envolvidos no tratamento de águas de efluentes (van Rijn, 2013).

O número de aquaculturas com sistemas de recirculação no mundo está a crescer de modo significativo a nível mundial. Nos Estados Unidos da América (EUA) e na Europa, o número de unidades aquícolas que se baseiam em sistemas RAS existentes foi, em 2014, cerca de 360 (Badiola *et al.*, 2014). A Noruega e o Canadá representam importantes países na indústria do RAS, principalmente na produção do salmão, enquanto que a China está a aumentar a sua produção anual com construções novas e amplas de RAS *indoor* (Badiola *et al.*, 2018).

1.1.5. SENSIBILIDADE À LUZ E COMPORTAMENTO

A luz compreende vários fatores ambientais – fotoperíodo, comprimento de onda (cor) e intensidade (brilho) – que conseguem influenciar os comportamentos e as respostas fisiológicas dos animais, com efeitos no crescimento, sobrevivência e maturação sexual (Bastos *et al.*, 2019; Kawamura *et al.*, 2016). Diversos estudos mostraram que as flutuações periódicas da cor da luz e o fotoperíodo, têm efeitos na frequência das mudas, crescimento e taxa de ingestão de larvas de camarões (Guo *et al.*, 2011, 2012, 2013; Kawamura *et al.*, 2018). A intensidade da luz é diretamente relacionada com a capacidade de identificação de alimento no meio ambiente, tendo sido apresentado por larvas de *Macrobracium rosenbergii*, onde a oportunidade de encontro com o alimento é o fator mais fundamental no comportamento alimentar (Araujo & Valenti, 2011). O comprimento de onda (cor) da luz tem um papel essencial na alimentação dos camarões em aquacultura, uma vez que cada recetor responde a diferentes comprimentos de onda do espectro, influenciando a eficiência de detetar e capturar a presa ou a ração (Bastos *et al.*, 2019; Kawamura *et al.*, 2016).

O design e a ótica visual dos olhos dos crustáceos são dos sistemas mais diversos de todos os grandes grupos de animais (Land, 1984). A visão numa só espécie de crustáceo pode conter apenas uma classe fotorreceptora ou dispor de 14 ou mais tipos diferentes de recetores espectrais. Além disso, o intervalo de sensibilidade espectral nos recetores na retina de um crustáceo consegue exceder o de todas as outras espécies (invertebrados e vertebradas) em conjunto, abrangendo o espectro de 315 nm a quase 725 nm (Cronin & Hariyama, 2002).

Os estudos sobre a visão cromática dos crustáceos avaliam geralmente a fototaxia em relação à cor e os resultados são difíceis de interpretar, uma vez que podem refletir comportamentos motores estereotipados desencadeados por fotorreceptores que respondem a comprimentos de onda específicos, em vez da “verdadeira” visão cromática. Dentro dos Crustacea existem também diversos estudos que descrevem a possibilidade de visão cromática, baseada na anatomia da retina e na diversidade dos pigmentos visuais (Marshall *et al.*, 1996).

Para as larvas de crustáceos, o sentido da visão é crucial para a alimentação, evitar predadores e para se conseguirem movimentar para locais onde possam fazer a metamorfose. Em alguns estudos foi possível verificar alterações no crescimento (Guo *et al.*, 2012) e na ingestão de alimento (Xu *et al.*, 2003) com diferentes tipos de iluminação. Caves *et al.* (2016) estudou as repostas óticas e a sensibilidade ao comprimento de onda de luz em *Lysmataamboinensis* e mostrou que estes apresentam maior sensibilidade à luz verde (518 ± 5 nm) e Kawamura *et al.* (2016) mostrou que as larvas *Macrobrachium rosenbergii* conseguem distinguir cores. A cor dos tanques de produção também pode influenciar o desenvolvimento dos animais, afetando a taxa de ingestão e de sobrevivência das larvas *M. rosenbergii* (Yasharian *et al.*, 2005). No caso de *Odontodactylus scyllarus*, algumas cores dos tanques eram facilmente distinguidas de vários tons de cinzento, apresentando preferência pelo verde, vermelho e amarelo (Marshall *et al.*, 1996).

1.2. O POTENCIAL *Palaemon varians* PARA AQUACULTURA

1.2.1. TAXONOMIA DA ESPÉCIE

O crustáceo decápode *Palaemon varians* (Figura 1.2), também conhecido como camarinha ou camarita, pertence à Infraordem Caridea, onde se encontram os camarões caracterizados pelo abdómen comprido e pela sobreposição do segundo segmento abdominal

ao primeiro e terceiro. Possui o rostro bem desenvolvido e dentado, télson com dois pares de urópodos, dois pares de espinhos posteriores e cinco pares de pleópodes bem desenvolvidos (González-Ortegón & Cuesta, 2006; Holthuis, 1952).

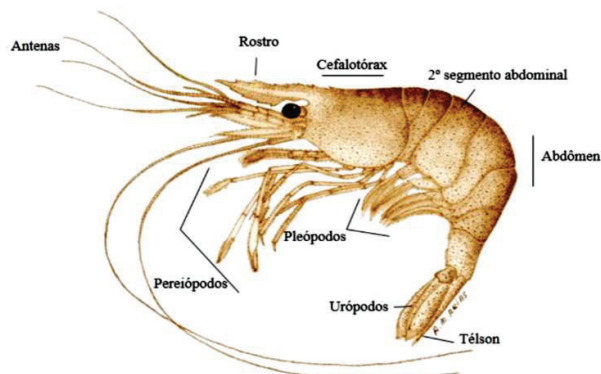


Figura 1.2 - Morfologia externa de *Palaemon varians*. Adaptado de Figueira (2020).

De acordo com WoRMS (2020), a posição sistemática atual da espécie é a seguinte:

Reino Animalia

Filo Arthropoda

Subfilo Crustacea

Superclasse Multicrustacea

Classe Malacostraca

Subclasse Eumalacostraca

Ordem Decapoda

Subordem Pleocyemata

Infraordem Caridea

Superfamília Palaemonoidea

Família Palaemonidae

Género *Palaemon*

Espécie *Palaemon varians* Leach, 1814 [in Leach, 1813-1815]

1.2.2. HABITAT E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Sendo uma espécie com características euritérmicas e eurihalinas, *Palaemon varians* encontra-se com facilidade em ambientes com grandes flutuações de temperatura (0 a 33°C) e de salinidade (0,9 a 45) (Cottin *et al.*, 2010; González-Ortegón *et al.*, 2013; New *et al.*, 2014; Palma *et al.*, 2009). Habita os mais diversos ambientes, desde águas salobras a águas

hipersalinas, e possui a capacidade de se reproduzir em águas de baixa salinidade, muito próximas de 0, assim como às características da água marinha.

No entanto, *P. varians* não ocorre em ambientes de água doce, podendo ser considerada como uma espécie de transição entre habitats dulcícolas e marinhos, mas com afinidade mais próximas do ambiente marinho (Dolmen, 1997; Dolmen *et al.*, 2004; González-Ortegón & Cuesta, 2006; Oliphant & Thatje, 2014).

Possui elevada tolerância a baixos níveis de oxigénio dissolvido (< 4.0 kPa, durante $7,1 \pm 1,8$ h/dia (Peruzza *et al.*, 2018)) e tem preferência por locais com baixo hidrodinamismo (ex. salinas e sapais) onde encontram proteção e alimento (Pinto, 2010).

Apresenta uma vasta distribuição geográfica, ocorrendo ao longo da costa europeia (Figura 1.3), desde o mar Báltico ocidental e Ilhas Britânicas (Dolmen, 1997) até ao noroeste de África até à Tunísia, mar Mediterrâneo e mar Negro (Aguzzi *et al.*, 2005; Dolmen *et al.*, 2004; García & Manjón-Cabeza, 1996). Existem também registos da sua presença na zona de Camargue no sul da França (Jayachandran, 2001).

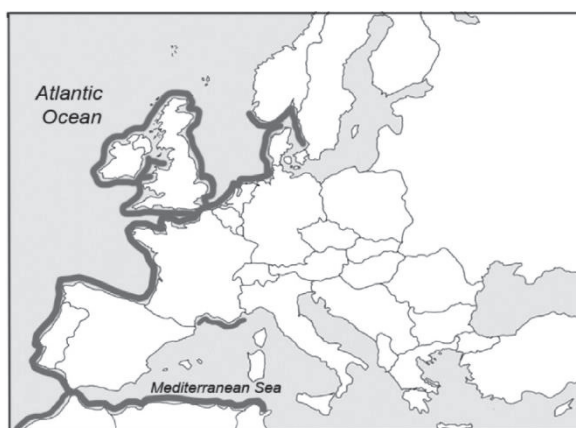


Figura 1.3 - Distribuição geográfica de *Palaemon varians*. Adaptado de Pinto, 2010.

Em termos económicos, é principalmente capturada no sul de Espanha e em Portugal, podendo ser encontrada nos principais estuários e áreas de sapal, como é o caso da Ria de Aveiro, Ria Formosa e estuários do Tejo, Sado e Guadiana (Pinto, 2010).

1.2.3. HÁBITOS ALIMENTARES

Assim como outras espécies do seu género, *P. varians* possui hábitos alimentares onívoros-detritívoros, sendo consumidor primário e secundário, em simultâneo, na cadeia

alimentar (Escaravage & Castel, 1990). A camarinha adulta é um organismo de predação ativa, tendo como itens alimentares a microfauna existente em toda a coluna de água, tais como pequenas poliquetas, vermes aquáticos, larvas de insetos e pequenos crustáceos.

Por outro lado, são também um recurso alimentar para a ictiofauna e avifauna, sendo uma espécie de grande importância ecológica na transferência de nutrientes e energia ao longo dos níveis tróficos dos ecossistemas em que habita (Anderson, 1985; Roberts, 1995).

O ritmo de atividade alimentar é regulado de acordo com o fotoperíodo diário, ocorrendo um aumento na ingestão do alimento em alturas específicas do dia. Durante todo o ano existe um pico de alimentação ao pôr do sol e durante a primavera/verão, épocas com mais luminosidade e temperaturas mais elevada, existe um segundo pico na alimentação ao nascer do sol, facto que está associado também à época reprodutiva, que requer maior quantidade de alimento para satisfazer as necessidades metabólicas (Aguzzi *et al.*, 2005).

1.2.4. BIOLOGIA REPRODUTIVA

Tal como a maioria dos crustáceos decápodes, *P. varians* apresenta dimorfismo sexual (Ruppert & Barnes, 1993), cuja diferenciação pode ser realizada pelo diagnóstico da presença/ausência do apêndice masculino, no segundo par de pleópodes, que funciona como órgão de transferência de esperma (Bauer & Abdalla, 2001; González-Ortegón & Cuesta, 2006; Rodríguez *et al.*, 1993).



Figura 1.4 - Fotografia de uma fêmea de *Palaemon varians* com ovos em desenvolvimento. Fotografia da autora.

Esta espécie possui um ciclo de vida curto (Palma *et al.*, 2008) atingindo a maturidade sexual com 16 mm, no caso dos machos, e 22 mm, no caso das fêmeas (Gelin & Souty-Grosset, 2006). Esta característica confere uma vantagem competitiva para a espécie,

visto que a fecundidade está positivamente correlacionada com o tamanho das fêmeas (Bauer, 1990; Vercesi & Hayd, 2015).

O período de reprodução ocorre geralmente em épocas onde o período de luminosidade é maior, tendo o seu início aquando da muda pré-nupcial das fêmeas. Durante este período, as fêmeas apresentam uma muda especial denominada *breeding dress*, que tem como objetivo principal o aumento da zona abdominal associada à desova, fixação e incubação dos embriões nessa zona (Figura 1.4).

Esta é caracterizada por várias modificações como o aparecimento de cromatóforos esverdeados, que fornecem um efeito de camuflagem no habitat natural, e a presença de sedas extra, que facilitam a orientação dos ovos extrudidos pelos poros genitais para a bolsa de postura, e prevenir a perda dos ovos (Calado *et al.*, 2017; Gurney *et al.*, 1923).

A cópula ocorre após o início da muda das fêmeas, onde os machos depositam o espermatóforo junto do terceiro pereiópode das fêmeas, algumas horas depois os óvulos começam a ser expelidos e ao passarem pelo espermatóforo são fertilizados e, de seguida, fixos e incubados no abdómen das fêmeas, com uma fecundidade que pode variar entre 85 e 300 embriões por fêmea (Bauer, 1976; Bauer & Abdalla, 2001; Berg & Sandifer, 1984).

O período de incubação dos embriões é inversamente proporcional à temperatura do ambiente, durando cerca de 15 dias a 25°C (Rodríguez *et al.*, 1993). Durante este período os oócitos fertilizados encontram-se em desenvolvimento, necessitando de cuidados maternos, por isso, a fêmea tem o hábito de agitar os pleópodes, garantindo boa circulação de água, oxigenação e remoção de partículas acumuladas nos embriões, aumentando a sobrevivência dos mesmos (Nazari *et al.*, 2000).

Na camarinha, o desenvolvimento embrionário é caracterizado por possuir cinco estádios diferentes, desde o momento da extrusão dos oócitos até à eclosão das larvas (Figura 1.5). No estágio 1, o oócito recém fertilizado contém 100% de vitelo e os embriões apresentam uma coloração verde-escura. No estágio 2, o embrião surge como uma região com tons amarelados.

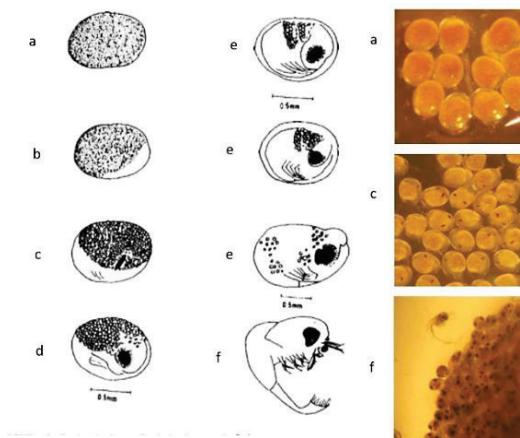


Figura 1.5 - Desenvolvimento embrionário de *Palaemon varians*: (a) estágio 1; (b) estágio 2; (c) estágio 3; (d) estágio 4; (e) estágio 5; (f) larva recém eclodida em estágio zoea 1. Adaptado de Mendes, 2008 e Rodríguez *et al.*, 1993.

No estágio 3, metade do total do vitelo já foi consumido, conseguindo-se diferenciar a cor amarelada do vitelo da esbranquiçada do embrião. Surgem também neste estágio as manchas oculares dos embriões; no estágio 4, os pontos oculares possuem uma forma oval e o vitelo, agora transparente, ocupa apenas 25% do ovo; no estágio 5, os olhos dos embriões encontram-se visíveis e grandes e a região cefálica começa a ser definida. O ovo, antes da eclosão, é alongado e a região cefálica dos embriões produz uma fissura que irá permitir à larva a sua eclosão. As larvas eclodem como zoea e apresentam fototaxia positiva, utilizando os seus apêndices torácicos para a natação, que é realizada em toda a coluna de água de cabeça para baixo (Anger, 2001).

O desenvolvimento larvar de *P. varians* apresenta 5 estádios bem distintos (Figura 1.6), caracterizados pelo desenvolvimento de estruturas morfológicas diferentes em cada um até à metamorfose para juvenil (Fincham, 1979). Estes estádios são facilmente identificáveis e colocam os camarões desta espécie ao grupo dos crustáceos com desenvolvimento larvar abreviado, ou seja, que apresentam poucos estádios de desenvolvimento e que realizam a metamorfose em poucos dias de cultivo (em média 12 dias desde a eclosão) a temperaturas entre os 20 e os 26°C (Oliphant *et al.*, 2013, 2011; Oliphant & Thatje, 2014).

O desenvolvimento larvar desta espécie ocorre em grande amplitude de salinidades e de temperaturas, podendo variar entre os 5 e os 42 e entre os 10 e os 30°C, respetivamente (Dolmen *et al.*, 2004; Oliphant *et al.*, 2013; Palma *et al.*, 2009). A variação destas condições ambientais pode retardar ou acelerar o crescimento e desenvolvimento das larvas, o que pode

augmentar ou diminuir o número de instares larvares (Anger, 2001; Oliphant *et al.*, 2013). Esta plasticidade no desenvolvimento larvar pode ser considerada vantajosa, pois permite o desenvolvimento das larvas em condições menos ótimas do ponto de vista ambiental, sendo capaz de explicar o sucesso do desenvolvimento larvar de *P. varians* em distintas condições ambientais (Magozzi & Calosi, 2014; Oliphant *et al.*, 2013; Palma *et al.*, 2009).

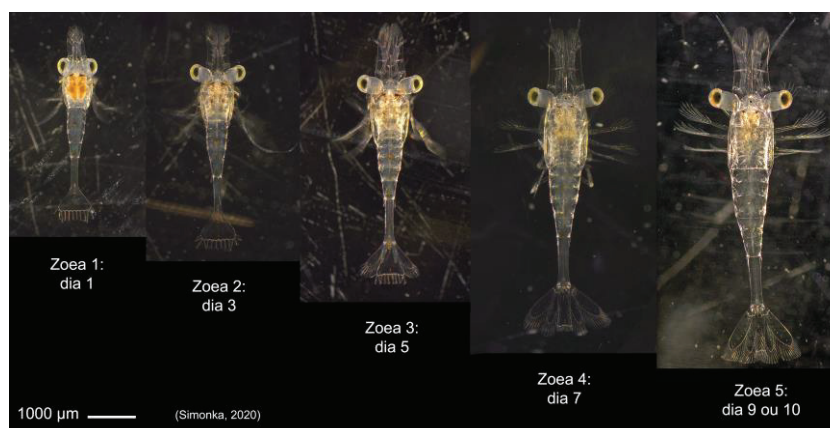


Figura 1.6 – Fases larvares de *Palaemon varians*, desde zoea 1 a zoea 5 (Simonka, 2020).

Posteriormente ao desenvolvimento larvar, os juvenis adotam hábitos de locomoção bentónicos e, chegados à fase adulta, os indivíduos podem atingir cerca de 4 e 5 cm de comprimento total, para machos e fêmeas, respetivamente (Gelin & Souty-Grosset, 2006).

1.2.5. CAPTURA E PRODUÇÃO DE CAMARINHA

A captura desta espécie é uma atividade tradicional da região da Andaluzia (Espanha), onde era uma atividade predominante e o sustento de grande parte da população, mas com o evoluir das explorações piscícolas a atividade salineira diminuiu, levando ao declínio na captura de camarão. Obrigando, assim, os pescadores especializados na captura desta espécie a emigrar para outros locais onde pudessem continuar a sua atividade (Pinto, 2010).

Em Portugal, é nos estuários do Rio Tejo e Rio Sado, onde existe maior densidade deste camarão, a qual sustenta uma atividade de pesca direcionada. No entanto, existe uma característica no ciclo de vida desta espécie que tem de ser tomada em conta no momento em que for necessário definir as medidas de gestão da pesca. O transporte dos ovos nos pleópodes da fêmea, característica que é eficaz do ponto de vista biológico da espécie,

aumenta o impacto da pesca das populações selvagens, uma vez que elimina a oportunidade de contribuir para o desenvolvimento da próxima geração (Pinto, 2010).

A maioria das espécies de camarão produzidas a nível mundial são classificadas como espécies exóticas em Portugal, impossibilitando o seu cultivo em sistemas abertos para o meio selvagem (Encarnação, 2013). A produção de espécies exóticas, possui associada diversos riscos a ter em conta, como é o caso da fuga de espécimes para o meio ambiente natural implicando a perda de biodiversidade, a degradação dos ecossistemas e ainda a extinção das espécies endémicas de forma direta, competição e predação, e indireta, cadeias tróficas.

As espécies exóticas podem igualmente ter associado parasitas e organismos patogénicos indesejados, o que tem sido um problema para a aquacultura a nível global, dado o potencial de encontrarem novos hospedeiros e prejudicar as espécies nativas e os ecossistemas naturais (Ju *et al.*, 2020). Existem igualmente outros motivos pelos quais o cultivo de espécies endógenas de camarão é mais vantajosa, como a tendência mundial para o consumo preferencial de espécies nativas em detrimento das espécies não nativas (Madrugal *et al.*, 2018).

Posto isto e, segundo os registos da Eurostat (2020), a camarinha (*P. varians*) é a única espécie de camarão produzida a nível nacional até 2017. Tendo por base os registos oficiais, entre 2005 e 2012, a produção manteve-se mais ou menos constante com valores anuais de aproximadamente 1 tonelada, exceto em 2010 que teve produção anual de 3,48 toneladas. A partir do ano de 2013, a produção começou a aumentar, tendo atingido cerca de 21 toneladas de produção anual em 2017 (Eurostat, 2020).

A produção extensiva e semi-intensiva da camarinha é, geralmente, realizada em tanques de terra, aproveitando a inatividade de salinas ou tanques de aquacultura anteriormente utilizados para a produção de outras espécies. Na zona de Setúbal, está presente a única produção nacional de *P. varians* em aquacultura, onde é produzida em tanques de terra, antes utilizados para a produção de dourada e de robalo. Nestes sistemas, o controlo da população é feito pelo recrutamento de larvas e juvenis que entram com as marés, pelas comportas, ou pela captura destes no meio selvagem e a sua colocação nos tanques (Encarnação, 2013).

1.2.6. IMPORTÂNCIA ECONÓMICA DA CAMARINHA

A camarinha é uma espécie de camarão que possui grande interesse económico e biológico. Esta espécie apresenta várias características biológicas, como o ciclo de vida curto, a facilidade de manutenção do cultivo em cativeiro, o desenvolvimento larvar abreviado e a plasticidade que possui a diversas condições ambientais desfavoráveis, que a colocam num lugar propício para ser uma espécie modelo em ensaios laboratoriais na área da ecotoxicologia, alterações climáticas e interações tróficas (Calado *et al.*, 2010; Correia *et al.*, 2016; Cottin *et al.*, 2012, 2010; Domingues, 2015; New *et al.*, 2014; Oliphant *et al.*, 2013; Oliphant & Thatje, 2014; Oliphant *et al.*, 2011; Palma *et al.*, 2008; Pavlaki *et al.*, 2016, 2018; Rainbow & Smith, 2013).

Apesar do seu tamanho reduzido, a *P. varians* é uma espécie, geralmente capturada para o consumo humano, comercializada pelo nome comum e a rondar os 4,5€/kg. Além disso, o uso deste camarão na alimentação de outros organismos aquáticos, como presa viva ou congelada melhora as taxas de crescimento, como por exemplo o cavalo-marinho (*Hippocampus guttulatus*), o peixe-pipa (*Syngnathus typhle*) e o choco (*Sepia officinalis*). Desta forma, a camarinha é uma fonte de alimento de boa qualidade nutricional alternativa às rações comerciais, náuplios de *Artemia* e misidáceos, capaz de reduzir os custos de produção, uma vez que pode representar uma redução noutras fontes de alimentação, como a *Artemia* (Correia *et al.*, 2016; Palma *et al.*, 2008; Sykes *et al.*, 2009).

Os crustáceos decápodes são animais cujo ciclo de vida pode ser complexo. Porém, conseguem ser produzidos de forma eficiente e rentável em aquacultura se estes forem compreendidos quanto à sua biologia e comportamento (Calado & Leal 2015; Leal *et al.* 2016).

A camarinha possui algumas características que a tornam uma espécie com grande interesse para a aquacultura em Portugal, sendo de referir: (1) estar perfeitamente adaptada a uma grande variabilidade de condições ambientais, ocorrendo tanto em salinas como em diversos locais ao longo da costa; (2) possuir um ciclo reprodutivo relativamente longo e com posturas sucessivas; (3) ocorrer em grandes densidades no meio natural; (4) ter uma dieta oportunista; (5) valor comercial associado; (6) e a capacidade desta ser cultivada em sistemas com níveis de água baixos.

No entanto, a produção natural deste crustáceo não é suficiente para a demanda no mercado, tendo que a aquicultura ser um dos meios de compensação da crescente procura, sem pressionar a população selvagem, estabelecendo procedimentos que otimizem o cultivo desta espécie.

1.3. OBJETIVOS DO ESTUDO

O presente estudo teve como principal objetivo contribuir para o aumento do conhecimento das respostas de *Palaemon varians* ao nível da ingestão larvar, desenvolvimento larvar e crescimento juvenil, quando sujeita a diferentes condições de cultivo e de iluminação em sistema RAS. Para tal, foram realizados os seguintes ensaios:

1. Ensaio 1 - Avaliação do efeito das condições de luz no tempo de desenvolvimento, na taxa de ingestão e de estágios larvares.
2. Ensaio 2 - Avaliação do efeito da coluna de água e da densidade cultivo no crescimento de juvenis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. RECOLHA E MANUTENÇÃO DE REPRODUTORES *Palaemon varians*

Para a realização dos ensaios experimentais, procedeu-se numa primeira fase à captura de indivíduos reprodutores selvagens. Tal foi realizado em junho de 2020, junto de pescadores que exercem a sua atividade nas salinas localizadas no concelho de Alcochete (38°45'12.2"N, 8°55'18.0"W) (Figura 2.1).

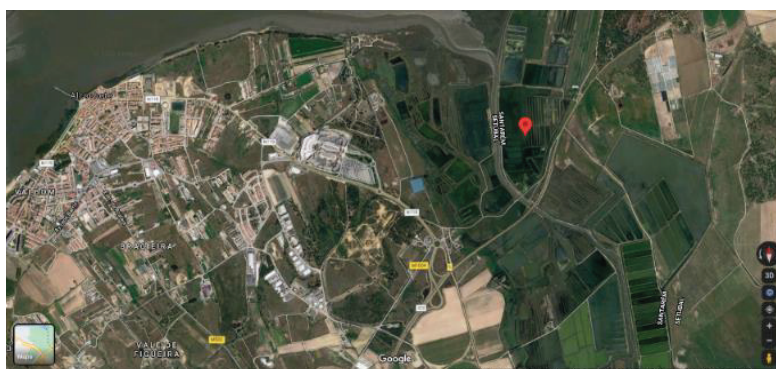


Figura 2.1 - Mapa do local de recolha (ponto vermelho) dos reprodutores *Palaemon varians* selvagens (Alcochete, Portugal).

Após a sua captura, os organismos foram transportados numa arca térmica para o laboratório de crustáceos do edifício Cetemares, MARE, Politécnico de Leiria (Peniche, Portugal), e posteriormente colocados num sistema suporte de vida para proceder à sua aclimação. O sistema de suporte de vida era composto por um conjunto de aquários – 1 x 120L (120cm x 60cm x 25cm) + 3 x 60L (40cm x 60cm x 25cm), e uma *sump* mantidos em circuito de recirculação fechado (Figura 2.2).

A *sump* continha biobolas (ReefSet) de forma a assegurar a filtração biológica aeróbia, um escumador (EHEIM, SKIMmarine 800) para remoção de matéria orgânica, uma lâmpada de radiação ultravioleta (Vecton 600, UV sterilizer) para esterilização por radiação e um refrigerador (HAILEA, HC-500^a) para controlo da temperatura. A água era bombeada para o sistema por uma bomba (EHEIM, universal 3400) com um fluxo de 3400L/h.

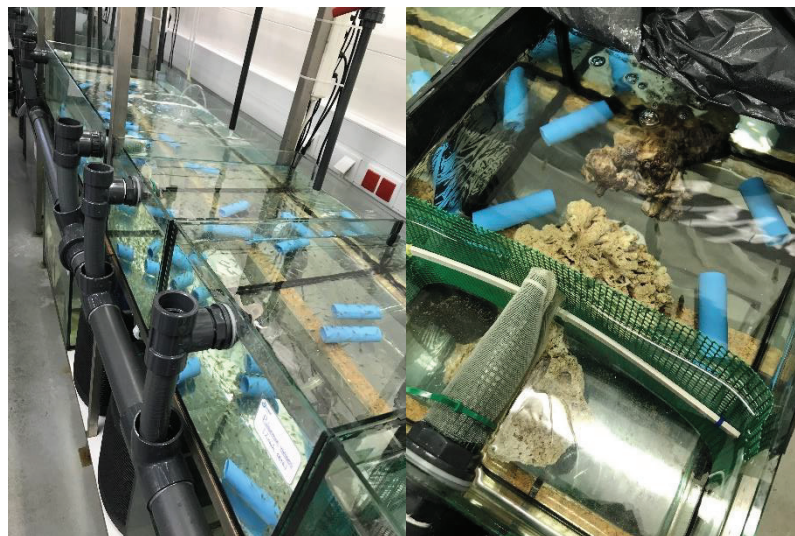


Figura 2.2 - Sistema de manutenção dos reprodutores selvagens (esquerda) e sistema de manutenção para isolamento das fêmeas ovígeras (direita).

Durante o processo de aclimação, os indivíduos foram mantidos a uma temperatura de 19°C, salinidade 25, fotoperíodo 12L:12E e alimentados diariamente com ração inerte (Formula ONE Marine Pellets, Ocean Nutrition) *ad libitum*. As fêmeas ovígeras, foram separadas dos restantes reprodutores e mantidas em aquário de 60L, onde permaneceram até à eclosão das larvas (Figura 2.2). Este aquário foi dividido com uma rede perto da zona da saída de água, de maneira que as larvas, após a eclosão, fossem deslocadas com a corrente de água e ficassem separadas das fêmeas.

2.2. ENSAIO EXPERIMENTAL 1 – EFEITO DAS CONDIÇÕES DE LUZ NO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO, NA TAXA DE INGESTÃO E DE ESTÁGIOS LARVARES

Após desova dos reprodutores selvagens, procedeu-se a uma sifonagem cuidada das larvas de *Palaemon varians* recém eclodidas e foram aleatoriamente selecionadas 24 para este estudo. O registo do comprimento total (da ponta do rostro até à extremidade posterior do télson) de cada larva foi realizado com o auxílio de uma lupa ZEISS Stemi 508, fotografadas com uma câmara digital, ZEISS Axiocam 105 color, e medidas utilizando o software ZEISS Sem 2.6 (Blue Edition) (Figura 2.3).

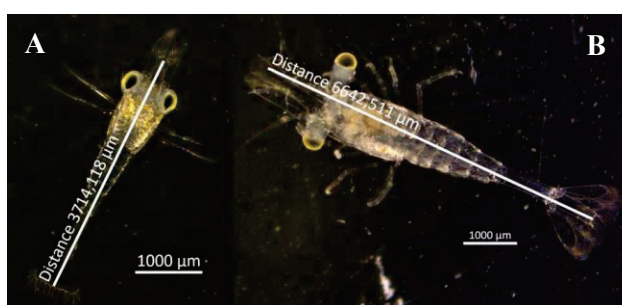


Figura 2.3 - Medição do comprimento total (μm) – (A) zoea 1 e (B) juvenil de *Palaemon varians*.

De seguida, as larvas foram colocadas individualmente em cada poço das placas de multipoços contendo 10 mL de água e o alimento (*Artemia*), e incubadas a uma temperatura de $20 \pm 0,5$ °C, salinidade $25 \pm 0,5$, fotoperíodo 12L:12E. As placas foram colocadas em tabuleiros brancos, de forma a facilitar o manuseamento diário das mesmas.

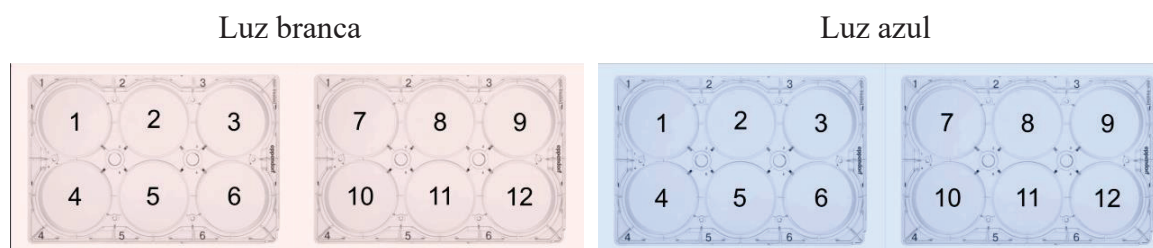


Figura 2.4 - Esquema do ensaio para avaliação das condições de luz no desenvolvimento larvar de *Palaemon varians*.

As larvas de *P. varians* foram expostas a 2 níveis de iluminação: luz branca (controlo – 445 nm) e luz azul (teste – 455 nm) (Figura 2.4). Para cada condição foram utilizadas 2 placas de 6 poços, num total de 12 larvas por condição. Diariamente, procedeu-se ao ajuste do nível de alimento (12 náuplios/mL) das larvas com náuplios de *Artemia* recém eclodidos

e à troca total da água dos poços (10 mL). A cada 24h, procedeu-se à medição do comprimento total e à identificação do estágio de desenvolvimento.

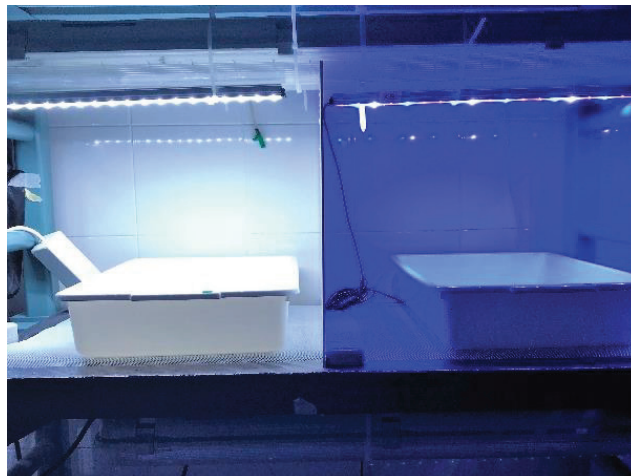


Figura 2.5 – Sistema utilizado no ensaio experimental para avaliação do efeito da luz na taxa de ingestão e crescimento durante o desenvolvimento larvar de *Palaemon varians*. (Fotografia da autora).

A taxa de crescimento específica (TCE, % d⁻¹) das larvas de *P. varians* foi estimada através da aplicação da seguinte equação:

$$\text{TCE (\% d}^{-1}\text{)} = \frac{\log P_f - \log P_i}{t} \times 100 \quad \text{(Eq. 1)}$$

em que P_f , corresponde ao peso final, P_i , ao peso inicial e t , ao tempo (dias) que as larvas levaram até atingirem o estágio de juvenil.

A biomassa foi estimada através da relação tamanho-peso definida por Figueira (2020), em que:

$$W = 6,00 \times 10^{-11} L^{2,77} \quad \text{(Eq. 2)}, \text{ em que } W (\mu\text{g}) \text{ é o peso e } L (\mu\text{m}) \text{ é o comprimento.}$$

Para a estimativa da taxa de ingestão diária (náuplios h⁻¹ larva⁻¹) das diferentes fases de desenvolvimento larvar de *P. varians* foi aplicada a seguinte equação:

$$\text{Taxa de Ingestão (náuplios h}^{-1}\text{ larva}^{-1}\text{)} = [(A_i - A_f) / A_i] \times 100 \quad \text{(Eq. 3)}$$

em que A_i é o número inicial de náuplios *Artemia* no tempo e A_f é o número final de náuplios de *Artemia* após 24h de exposição.

2.3. ENSAIO EXPERIMENTAL 2 – EFEITO DA ALTURA DA COLUNA DE ÁGUA E DA DENSIDADE CULTIVO NO CRESCIMENTO DE JUVENIS

Para o presente ensaio, foram selecionados 396 juvenis correspondentes à geração F1 dos reprodutores selvagens mantidos em cativeiro. Para a realização dos ensaios experimentais, foi montado um sistema de recirculação de água (RAS), composto por 12 caixas PVC transparentes (35cm x 23cm) e uma sump, resultando num volume total aproximado de 100L (Figura 2.3).

A *sump* do sistema RAS era composta por um escumador (EHEIM, SKIMmarine 800), para remoção do excesso de matéria orgânica, um saco com biobolas (ReefSet), como filtro biológico aeróbico e bombas de recirculação (V2 Power Pump 5500). O sistema RAS possuía ainda uma lâmpada de radiação ultravioleta (Vecton 300 UV Steriliser) para esterilização da água e um refrigerador (HAILEA, HC-500^a), de forma a manter constante a temperatura da água do sistema.

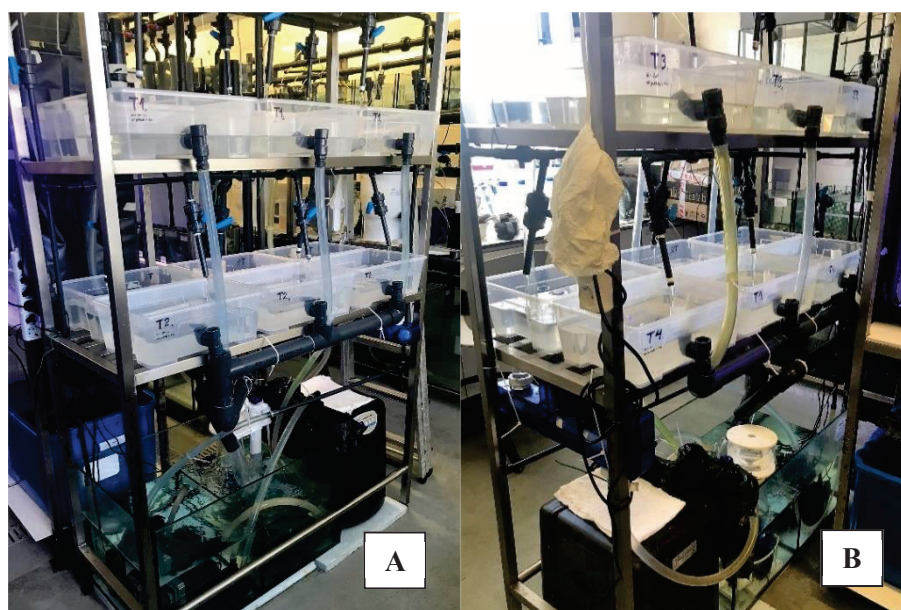


Figura 2.6 – Sistema RAS utilizado nos ensaios de crescimento dos juvenis *Palaemon varians*. (A – condição 1 e 2, B – condição 3 e 4). Fotografias da autora.

De modo a avaliar o efeito da altura da coluna de água e da densidade de cultivo no crescimento dos juvenis de *P. varians*, foram definidas as seguintes condições:

Tabela 1 – Condições testadas no ensaio experimental 2.

Condição	Altura da coluna de água (cm)	Densidade (ind/L)	Nº iniciais indivíduos	Comprimento médio inicial (mm)	Peso médio inicial (mg)
1	4	5	16	12,4 ± 1,3	16,3 ± 1,6
2	7	5	32	11,8 ± 1,3	14,7 ± 0,2
3	4	10	28	12,0 ± 1,3	15,8 ± 0,4
4	7	10	56	12,0 ± 1,2	15,3 ± 0,1

Os valores de salinidade e de temperatura dos ensaios foram mantidos constantes (25 ± 1 e a 22 °C ± 0,5, respetivamente) e monitorizados diariamente. A escolha dos valores de salinidade e temperatura visou alcançar o ponto isosmótico dos organismos. O fotoperíodo do cultivo foi de 12L:12E.

Os níveis de compostos azotados tóxicos (amónia e nitritos) foram determinados semanalmente, pela utilização de testes rápidos (API Ammonia e Nitrite Test Kit). Caso se verificassem valores elevados destes compostos, procedia-se a uma troca parcial de água, de modo a restabelecer a qualidade da água do cultivo.

A alimentação dos indivíduos foi realizada à base de ração inerte (Formula ONE Marine Pellets, Ocean Nutrition). De acordo com a duração do ensaio e com o crescimento dos indivíduos, a alimentação foi realizada de duas diferentes formas onde nas duas primeiras semanas do ensaio foram, diariamente, fornecidos a cada tanque, 2 *pellets* por indivíduo e nas últimas duas semanas do ensaio foram, diariamente, fornecidos 3 *pellets* por indivíduo. Desta forma, garantiu-se que não existisse grande quantidade de partículas em suspensão que comprometesse a qualidade da água do sistema e ao mesmo tempo conseguir alimentar os camarões até ficarem saciados.

Tabela 2 - Quantidade de alimento (média ± desvio padrão, mg) fornecido diariamente.

Condição	Dias 1 a 15	Dias 16 a 28
1	6,33 ± 1,39	9,50 ± 2,09
2	12,67 ± 2,79	19,00 ± 4,18
3	11,08 ± 2,44	16,62 ± 3,66
4	22,16 ± 4,88	32,65 ± 7,18

Para cada um dos ensaios, o efeito da altura da coluna de água e da densidade de cultivo foi avaliado através da estimativa do Índice de Conversão Alimentar (ICA) e da Taxa de Crescimento Específico (TCE). O ICA é um importante rácio na análise dos resultados, sendo o valor obtido a partir da divisão da quantidade de alimento fornecido pelo peso ganho nos animais durante um determinado tempo. Este índice varia de acordo com diversos fatores como a qualidade nutricional e física das rações, fatores ambientais, fatores genéticos e a forma de produção dos animais (Fernandes, 2013). Em produções intensivas de peixe estes valores podem variar entre 1,5 e 0,8, sendo melhores os valores inferiores a 1,0. Para o cálculo do ICA foi aplicada a seguinte fórmula:

$$\text{ICA} = \text{Alimento consumido (g)} / \text{Peso ganho (g)} \quad (\text{Eq. 4})$$

O efeito da altura da coluna de água e densidade de cultivo, foi igualmente avaliado através da taxa de crescimento dos juvenis e, para tal, foi aplicada a seguinte equação:

$$\text{TCE (\% d}^{-1}\text{)} = \frac{\log P_f - \log P_i}{t} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

em que P_f , corresponde ao peso final, P_i , ao peso inicial e t , ao tempo (dias) do ensaio experimental.

Semanalmente, foi recolhida a totalidade da população de cada tanque do sistema. Para a pesagem dos indivíduos foi utilizada uma balança analítica (Adam PGL 3002), com um erro aproximado de 0,1 mg, e com o auxílio de uma folha milimétrica, foi medido o comprimento total dos indivíduos (Figura 2.7).

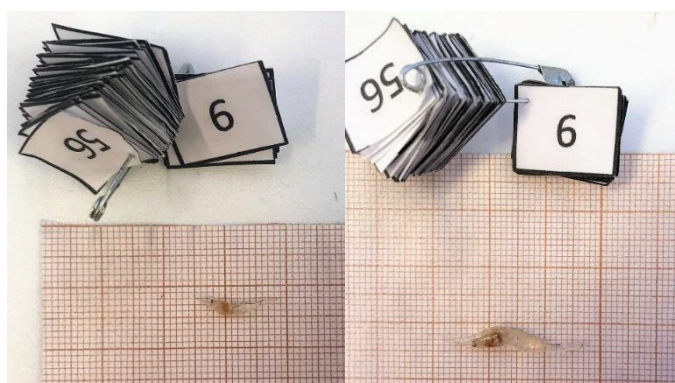


Figura 2.6 – Exemplo do procedimento de medição de juvenis de *Palaemon varians*. Do lado esquerdo, no primeiro dia de ensaio e do lado direito no último dia de ensaio. (Fotografias da autora).

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com o objetivo de avaliar o efeito da iluminação na duração do desenvolvimento larvar e na taxa de crescimento específico de *P. varians* realizou-se um teste t de amostras independentes. Os pressupostos foram verificados através do teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov* e pelo teste de homogeneidade de *Levenne*. Caso estes não fossem cumpridos, era aplicado o teste não paramétrico de *Mann-Whitney* (Zar, 2010).

Na duração dos estádios larvares e na taxa de ingestão das larvas avaliou-se o efeito das cores utilizadas e dos estádios larvares, através de uma análise de variância de 2 fatores (ANOVA). Os pressupostos foram verificados pelo teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* e pelo teste de homogeneidade de *Levene* (Zar, 2010).

Para avaliar o efeito da altura da coluna de água e da densidade no comprimento, no peso, na taxa de crescimento diário e na conversão de alimento dos juvenis *P. varians* foi realizada uma análise univariada de variância (ANOVA). Os pressupostos foram verificados pelo teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov* e pelo teste de homogeneidade de *Levenne*. Caso estes não fossem cumpridos, era realizado o teste de heterocedasticidade de White. Para avaliar a existência de diferenças entre os grupos ao longo das semanas de ensaio, foi realizado o teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Zar, 2010).

3. RESULTADOS

3.1. ENSAIO EXPERIMENTAL 1

A duração da fase larvar ($12,2 \pm 0,94$ dias) de *P. varians* mostrou ser menor nas larvas sujeitas à luz branca do que nas larvas que cresceram sob o efeito da luz azul ($13,1 \pm 2,07$ dias). No entanto não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as duas condições de iluminação ($p > 0,05$) (Figura 3.1).

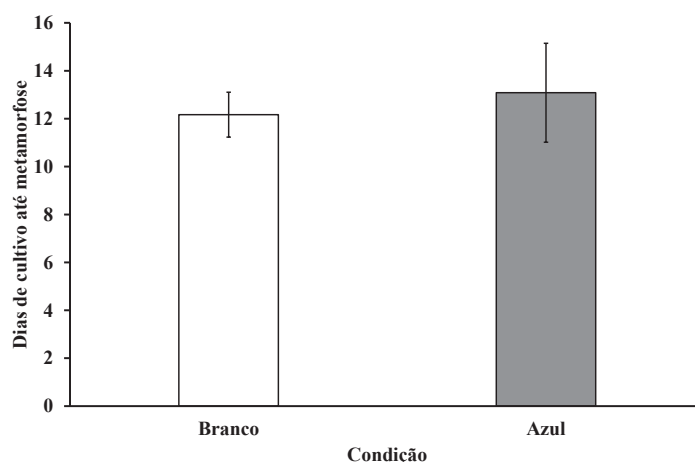


Figura 3.1 - Duração larval (média ± desvio padrão) de *Palaemon varians* de acordo com diferentes condições de iluminação.

Tabela 3 - Tempo de desenvolvimento (média ± desvio-padrão) dos estágios larvares de *Palaemon varians* sujeitos a diferentes condições de iluminação (* $p < 0,05$).

Estágios larvares	Luz branca	Luz azul
Zoea 1	2,08 ± 0,289	2,00 ± 0,000
Zoea 2 *	2,00 ± 0,000	2,58 ± 0,900
Zoea 3	2,83 ± 0,577	2,67 ± 0,492
Zoea 4	4,50 ± 1,087	4,25 ± 0,866
Zoea 5	4,00 ± 0,000	4,25 ± 0,957

Relativamente à duração dos diferentes estágios de desenvolvimento de *P. varians* de acordo com as diferentes condições de iluminação, os resultados obtidos encontram-se representados na Tabela 3 e na Figura 3.2. Através da sua análise, é possível verificar que existem apenas diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito ao tempo de

desenvolvimento para zoea 2 entre as condições de iluminação ($p < 0,05$). Regra geral, a duração do estágio larvar aumenta à medida que se atinge a metamorfose.

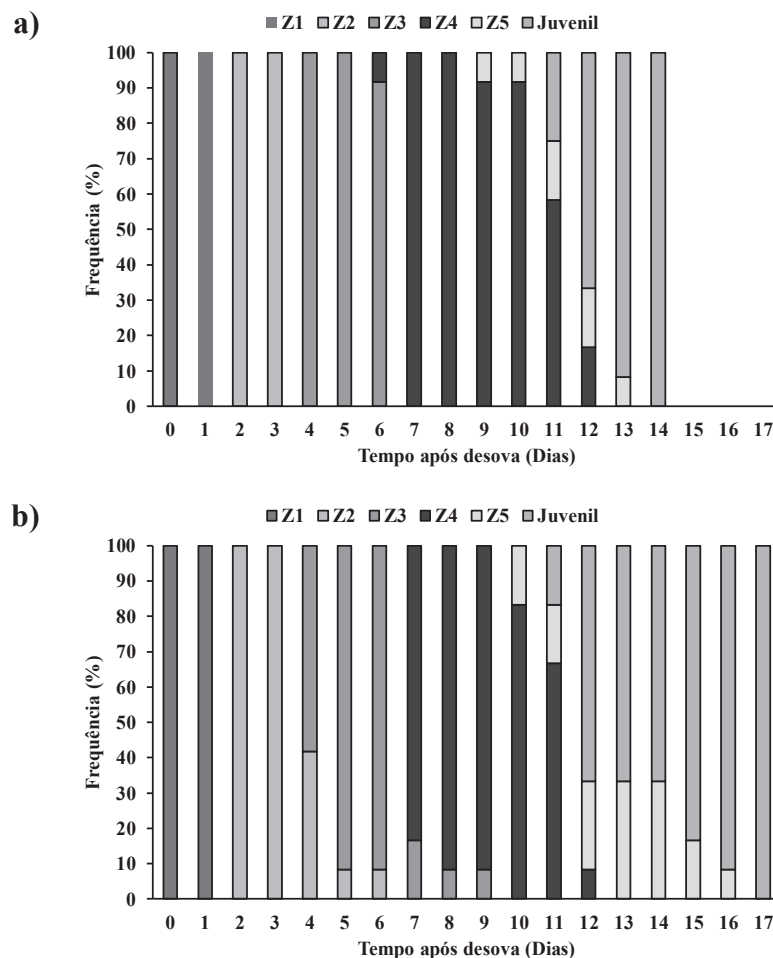


Figura 3.2 – Proporção dos diferentes estádios larvares de *Palaemon varians* ao longo do tempo (dias) nas diferentes condições de iluminação (a – luz branca, b – luz azul).

Tabela 4 - Resultados da ANOVA 2-fatores relativamente ao efeito da luz e dos estágios na duração dos estágios de desenvolvimento das larvas de *Palaemon varians*. SS, df, MS e Z são parâmetros do teste. $p = 0,05$.

Parâmetro	Fator	SS	df	MS	Z	p
Duração dos estágios	Luz	0,078	1	0,078	0,180	0,673
	Estágio	87,225	4	21,806	49,946	0,000
	Luz x Estágio	2,681	4	0,670	1,535	0,199
	Padrão	40,167	92	0,437		

No que diz respeito à taxa de crescimento específico (TCE, % dia⁻¹), não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as condições de iluminação utilizadas: 5,96 ± 0,418% dia⁻¹ e 5,67 ± 0,829% dia⁻¹ na luz branca e na luz azul, respetivamente ($p > 0,05$) (Figura 3.3).

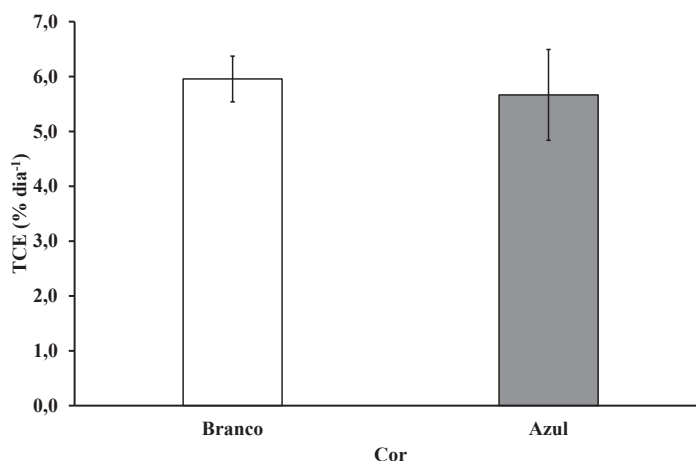


Figura 3.3 - Taxa de crescimento específico (média ± desvio padrão) de *Palaemon varians*, nas diferentes condições de iluminação.

Relativamente à taxa de ingestão de *P. varians*, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas na interação das condições de iluminação com os estádios larvares ($p > 0,05$). Analisando as variáveis independentes individualmente, observou-se que o efeito dos estádios larvares ($p < 0,05$) na taxa de ingestão das larvas é mais forte que o das cores ($p > 0,05$) utilizadas na iluminação.

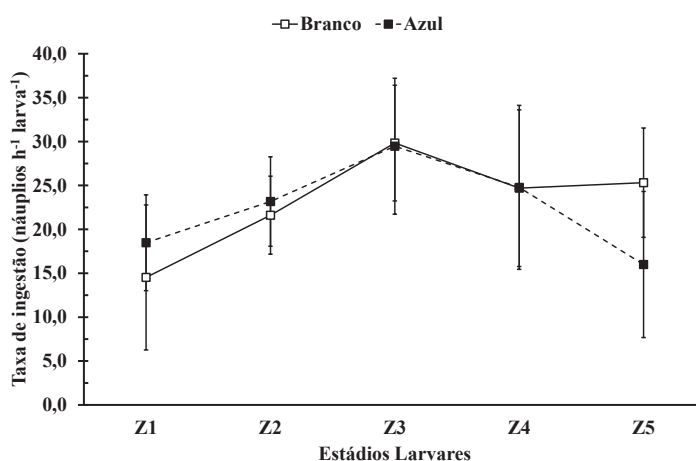


Figura 3.4 - Taxa de ingestão (média ± desvio padrão, estágio larvar) de *Palaemon varians* ao longo do desenvolvimento larvar e nas diferentes condições de iluminação utilizadas no cultivo dos estádios de desenvolvimento (Z1 a Z5 – Estádios larvares).

Os resultados obtidos mostraram que as larvas no terceiro estágio larvar atingem o pico em termos de taxa de ingestão, com médias de $29,83 \pm 6,59$ náuplios h^{-1} larva $^{-1}$ e $29,47 \pm 7,74$ náuplios h^{-1} larva $^{-1}$, na luz branca e azul, respetivamente, e que a partir deste, a taxa de ingestão das larvas começa a diminuir (Figura 3.4). A menor taxa de ingestão na luz branca foi obtida no estágio de zoea 1, com $14,52 \pm 8,26$ náuplios h^{-1} larva $^{-1}$, seguido da taxa de ingestão no estágio de zoea 2, com $21,61 \pm 4,44$ náuplios h^{-1} larva $^{-1}$. Na iluminação de cor azul, a menor taxa de ingestão obtida foi no estágio de zoea 5, com $16,00 \pm 8,32$ náuplios h^{-1} larva $^{-1}$, seguida pelo estágio de zoea 1, com $18,47 \pm 5,46$ náuplios h^{-1} larva $^{-1}$.

3.2. ENSAIO EXPERIMENTAL 2

O ensaio com os juvenis terminou ao fim de 28 dias, obtendo-se uma taxa de sobrevivência média de todas as condições igual a $96,36 \pm 2,67\%$. A sobrevivência máxima obtida foi de 100%, na condição 2 e a mínima foi de $93,75 \pm 0,06\%$, na condição 1.

Relativamente ao incremento no comprimento dos juvenis de *P. varians* (Tabela 3) apenas se verificou diferenças estatisticamente significativas para o fator densidade ($p < 0,05$). Tanto a altura da coluna de água como a interação entre fatores não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Este incremento mostrou ser maior na menor densidade, para ambas as alturas da coluna de água, com valores de $2,3 \pm 0,21$ mm, na condição 1 (Dia 7) e de $2,3 \pm 0,29$ mm, na condição 2 (Dia 14) (Figura 3.5).

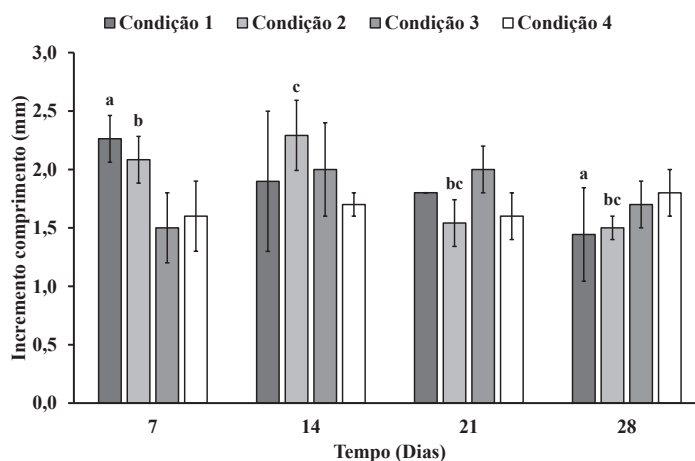


Figura 3.5 - Incremento do comprimento total (mm) dos juvenis *Palaemon varians* cultivados nas diferentes condições, aos dias 7, 14, 21 e 28, em sistema de recirculação de água (valores médios \pm desvio padrão, as barras que apresentam letras diferentes indicam a existência de diferenças estatisticamente significativas).

O incremento do peso dos juvenis foi influenciado pela altura da coluna de água, apresentando diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) (Tabela 5). O incremento de peso apresentou resultados mais elevados na condição 1, ao dia 21 ($17,1 \pm 0,76$ mg), seguido da condição 3, que ao 28 dia de ensaio apresentou um incremento de $16,3 \pm 1,14$ mg (Figura 3.6).

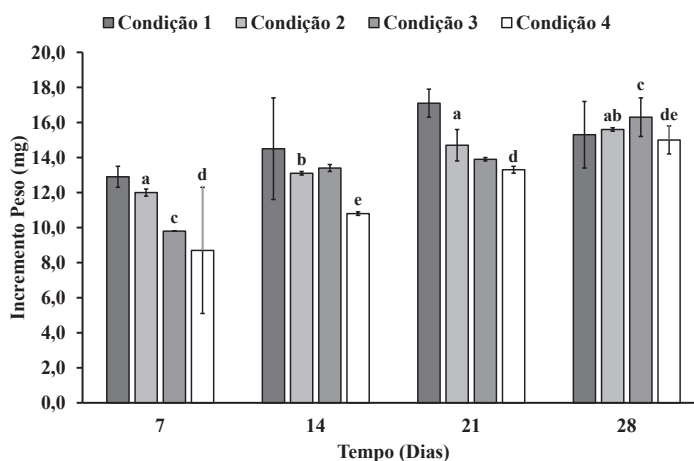


Figura 3.6 - Incremento do peso (mg) dos juvenis de *Palaemon varians* cultivados nas diferentes condições em sistema de recirculação de água, aos dias 7, 14, 21 e 28 (valores médios \pm desvio padrão, as barras que apresentam letras diferentes indicam a existência de diferenças estatisticamente significativas).

Tabela 5 – Resultados da ANOVA 2-fatores relativamente ao efeito da altura da coluna de água e da densidade no incremento do comprimento e do peso dos juvenis de *Palaemon varians*. SS, MS, df e Z são parâmetros do teste. $p = 0,05$

Parâmetro	Fator	SS	df	MS	Z	p
Comprimento (mm)	Altura	17,28	1	17,28	0,641	0,423
	Densidade	226,55	1	226,55	8,41	0,004
	Altura x Densidade	24,18	1	24,18	0,897	0,344
	Padrão	52227,03	1938	26,95		
Peso (mg)	Altura	3461,23	1	3461,23	6,162	0,013
	Densidade	6630,33	1	6630,33	11,80	0,001
	Altura x Densidade	69,34	1	69,34	0,123	0,725
	Padrão	1088616,94	1938	561,72		

A taxa de crescimento específico (TCE) apresentou valores semelhantes entre as quatro condições testadas. O maior valor foi observado na condição 2 ($5,57 \pm 0,061\% \text{ dia}^{-1}$), seguido pelo valor da condição 1 ($5,49 \pm 0,215\% \text{ dia}^{-1}$), a condição 3 apresentou o terceiro maior valor ($5,27 \pm 0,095\% \text{ dia}^{-1}$) e o valor mais baixo da TCE foi obtido na condição 4, com $5,10 \pm 0,183\% \text{ dia}^{-1}$ (Figura 3.7).

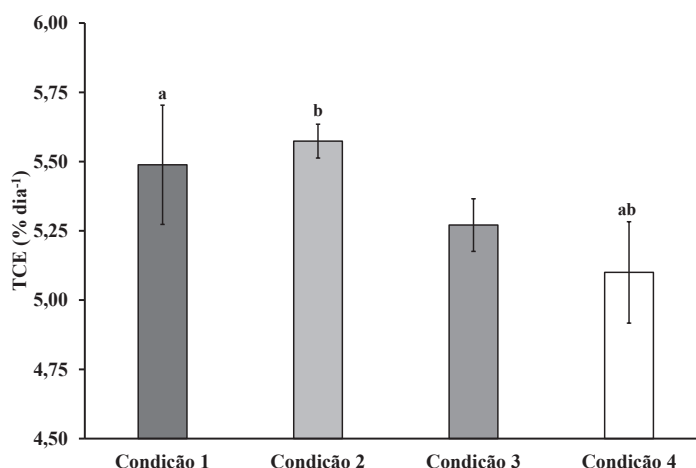


Figura 3.7 - Taxa de crescimento específico (média \pm desvio-padrão) de juvenis de *Palaemon varians*, obtidas de acordo com as diferentes condições de cultivo ao fim de 28 dias de ensaio. As barras que apresentam letras diferentes são diferentes significativamente pela ANOVA.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se apenas a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as taxas de crescimento específico obtidas para as densidades testadas ($p < 0,05$), não sendo a altura da coluna de água e a interação destes dois fatores significativos no crescimento específico dos juvenis de *P. varians* (Tabela 6). Comparando as quatro condições de cultivo dos juvenis, verificou-se a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as condições C1 ($5,49 \pm 0,215\% \text{ dia}^{-1}$) – C4 ($5,10 \pm 0,183\% \text{ dia}^{-1}$) e C2 ($5,57 \pm 0,061\% \text{ dia}^{-1}$) – C4 ($5,10 \pm 0,183\% \text{ dia}^{-1}$) ($p < 0,05$) (Figura 3.7).

No Índice de Conversão Alimentar (ICA), foram verificadas algumas variações ao longo do ensaio (Figura 3.8). Para a condição 1, o ICA médio estimado ao fim de 28 dias foi de $2,35 \pm 0,307$, tendo variado entre $2,20 \pm 0,603$ (0 - 7 dias) e $2,78 \pm 0,092$ (21 - 28 dias). Relativamente à condição 2, o ICA médio estimado ao fim de 28 dias foi de $2,44 \pm 0,350$, tendo variado entre $2,31 \pm 0,164$ (0 - 7 dias) e $2,84 \pm 0,125$ (21 - 28 dias). Na condição 3, o ICA médio estimado ao fim de 28 dias foi de $2,39 \pm 0,215$, tendo variado entre $2,58 \pm 0,249$

(0 - 7 dias) e $2,23 \pm 0,229$ (21 - 28 dias). Por fim, na condição 4, o ICA médio estimado ao fim de 28 dias foi de $2,83 \pm 0,361$, tendo variado entre $3,14 \pm 0,638$ (0 - 7 dias) e $2,46 \pm 0,273$ (21 - 28 dias).

Analisando individualmente cada condição observou-se que foi na condição 2 que os juvenis apresentaram a maior conversão alimentar com $1,93 \pm 0,105$ (21 dias), seguido pelos juvenis da condição 1 que, no mesmo dia, apresentaram uma conversão alimentar de $1,95 \pm 0,330$. A condição com as menores conversões alimentares foi a condição 4, com resultados entre os $2,46 \pm 0,273$ (28 dias) e os $3,23 \pm 0,422$ (14 dias).

O ICA não apresentou diferenças estatisticamente significativas quando analisada a interação entre os fatores altura da coluna de água e densidade, ao longo dos 28 dias de ensaio ($p > 0,05$) (Tabela 4). No entanto, verificou-se a existência de diferenças estatisticamente significativas no ICA quando influenciado pela densidade de cultivo ($p < 0,05$). Das quatro condições testadas, apenas se verificaram diferenças estatisticamente significativas na condição 2, entre os dias 14 ($2,67 \pm 0,494$) - 21 ($1,93 \pm 0,105$) e 21 ($1,93 \pm 0,105$) - 28 ($2,84 \pm 0,125$) ($p < 0,05$).

Tabela 6 - Resultados da ANOVA 2-fatores na influência da altura da coluna de água e da densidade no incremento do comprimento e do peso dos juvenis de *Palaemon varians*. SS, MS, df e Z são parâmetros do teste. $p = 0,05$

Parâmetro	Fator	SS	df	MS	Z	p
TCE (% d ⁻¹)	Altura	0,037	1	0,037	1,28	0,290
	Densidade	0,513	1	0,513	17,81	0,003
	Altura x Densidade	0,116	1	0,116	4,01	0,080
	Padrão	0,231	8	0,029		
ICA	Altura	0,546	1	0,546	2,84	0,099
	Densidade	0,837	1	0,837	4,35	0,043
	Altura x Densidade	0,354	1	0,354	1,84	0,182
	Padrão	8,472	44	0,193		

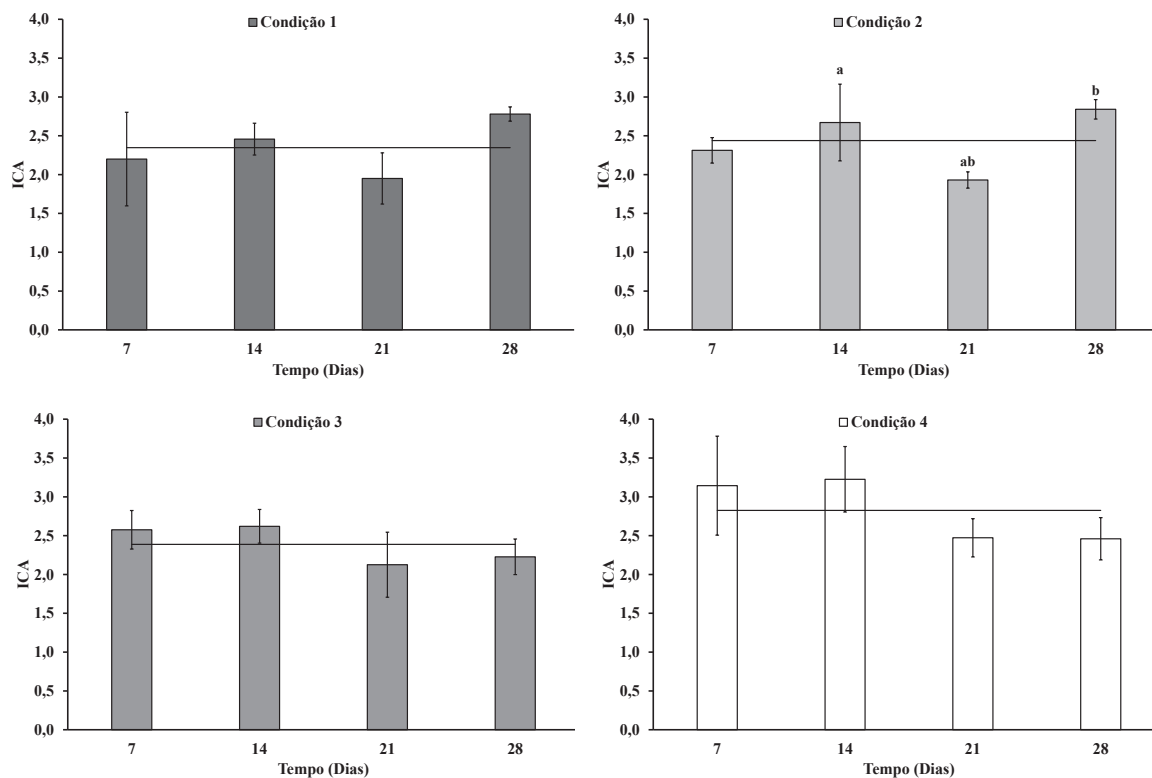


Figura 3.8 - Índice de conversão alimentar (média \pm desvio-padrão, dias) dos juvenis de *Palaemon varians*, cultivados nas diferentes condições, aos 7, 14, 21 e 28 dias. A média do índice dos 28 dias de cultivo, para cada condição, está representada pela linha horizontal e as barras que apresentam letras diferentes são diferentes significativamente pela ANOVA.

4. DISCUSSÃO

4.1. ENSAIO EXPERIMENTAL 1

As cores que rodeiam os animais aquícolas quer seja a cor do fundo, das paredes dos tanques, da iluminação ou dos abrigos têm efeitos no seu desenvolvimento, influenciando a alimentação, o crescimento e a resposta ao stress (Kawamura *et al.*, 2017, 2016). A perceção das cores é uma característica sensorial inata que fornece aos animais múltiplas vantagens ecológicas, aumentando a sua aptidão para as tarefas visuais como a deslocação, reconhecimento e captura de presas, defesa contra predadores, acasalamento e comunicação inter e intra espécies (Luchiari *et al.*, 2012; Thoen *et al.*, 2014). Vários estudos mostraram que as cores conseguem afetar o crescimento e a alimentação dos crustáceos. Guo *et al.* (2012) mostrou que a variação periódica da luz entre a região azul e a região verde do espectro consegue promover o crescimento de *Litopenaeus vannamei*. Segundo Xu *et al.* (2003), a luz verde e a vermelha possuem melhores efeitos sobre a ingestão do camarão *Macrobrachium nipponense*, do que as luzes azul e amarela (Xu *et al.*, 2003). Outro estudo mostrou que a luz de cor natural foi a melhor para o crescimento e a alimentação do *Fenneropenaeus chinensis* (Luchiari *et al.*, 2012).

No presente estudo, é observado que o efeito da cor da luz ao qual foram sujeitas as larvas de *Palaemon varians*, não foi significativo em nenhuma das variáveis em estudo - duração da fase larvar, duração dos estádios larvares, taxa de crescimento específico e taxa de ingestão. No entanto, foi possível observar que a duração da fase larvar na luz azul foi mais lenta (11 a 17 dias) do que na luz branca (11 a 14 dias) e na duração dos estádios larvares também se verificou um atraso entre as mudas nas larvas que estiveram sob a influência da luz azul, tendo sido observados mais estádios “repetidos” do que na luz branca. Esta “repetição” de estádios também foi observada por Oliphant *et al.* (2013) em larvas de *P. varians* sujeitas a baixas temperaturas, sugerindo que o crescimento das larvas é atrasado quando as condições ambientais são desfavoráveis.

Neste estudo, a taxa de crescimento específico (TCE) não apresentou diferenças significativas, mas verificou-se que foi ligeiramente melhor nas larvas expostas à luz branca ($5,96 \pm 0,418\%$). Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Wang *et al.* (2003) que mostrou que as TCE variam de acordo com as diferentes cores utilizadas, num gradiente decrescente da luz natural para a verde, seguido pela amarela e, por fim, a azul. No estudo

de Guo *et al.* (2012) a TCE apresentou ser 15% melhor nos camarões sujeitos a uma iluminação que variou periodicamente entre a cor azul e verde do que na iluminação estática de cor azul.

A ingestão das larvas varia de acordo com a densidade de alimento, a hora do dia, o desenvolvimento larvar e o regime de cultivo (Lima & Souza-Santos, 2007; Maciel *et al.*, 2012). As larvas dos crustáceos, principalmente nos primeiros estádios de vida, por terem mobilidade reduzida, são consumidores passivos, dependendo da oportunidade de encontro com as presas (Coelho-Filho *et al.*, 2018; Farhadian *et al.*, 2007; Maciel *et al.*, 2012). Grandes densidades de alimento disponível melhora esta oportunidade de encontro, no entanto, pode resultar no excesso de ingestão e consequentemente na redução do tempo de digestão do mesmo, tornando a assimilação dos nutrientes insuficiente (Coelho-Filho *et al.*, 2018; Maciel *et al.*, 2012). Assim como neste estudo, onde se observou um aumento da ingestão de náuplios de *Artemia* à medida que as larvas de *P. varians* cresceram, foram obtidos, anteriormente, resultados semelhantes em *Palaemon serratus* (Yúfera & Rodríguez, 1985a), *P. varians* (Yúfera & Rodríguez, 1985b), *Metapenaeus ensis* (Chu & Shing, 1986), *Ranina ranina* (Minagawa & Murano, 1993), *Macrobrachium rosenbergii* (Barros & Valenti, 2003) e *Macrobrachium amazonicum* (Augusto *et al.*, 2020), sugerindo que este poderá ser um padrão semelhante nas fases larvares dos crustáceos decápodes.

No presente estudo, a taxa de ingestão das larvas foi significativamente influenciada pelo estágio larvar. No entanto, analisando de acordo com a cor da iluminação, as larvas sujeitas à luz azul apresentaram uma taxa de ingestão superior às da luz branca nos estádios zoea 1 e zoea 2. Estes resultados podem ser justificados pela lecitotrofia facultativa das larvas até ao estágio zoea 2, alimentando-se primeiramente das reservas vitelinas e só posteriormente começar a depender do alimento exógeno. Barros & Valenti (2003) e Maciel *et al.* (2012) mostraram também que nos primeiros estádios as larvas das espécies *M. rosenbergii* e *M. amazonicum* dependem pouco da alimentação exógena e que as zoea 2 apresentam um comportamento lecitotrófico facultativo, sendo capazes de aceitar ou rejeitar a alimentação exógena. A fase larvar é considerada a fase mais crítica quando o assunto é o cultivo de camarão, pois após consumirem as reservas vitelinas a alimentação passa a ser uma prioridade das larvas (Vargas-Ceballos *et al.*, 2020), o que explica as taxas de ingestão reduzidas nos primeiros dias e o aumento acentuado da mesma no estágio de zoea 3.

A estabilização e o decréscimo nas taxas de ingestão das larvas podem ser resultado de uma estabilização das necessidades nutricionais ou a perda da eficiência na captura do alimento, por necessidade de presas de maiores dimensões (Barros & Valenti 2003), sendo a primeira hipótese a mais provável para este estudo.

4.2. ENSAIO EXPERIMENTAL 2

Para este ensaio, a temperatura, a salinidade e os compostos azotados dissolvidos na água variaram dentro dos limites considerados apropriados para o cultivo de *Palaemon varians* (Cottin *et al.*, 2010; González-Ortegón *et al.*, 2013; New *et al.*, 2014; Palma *et al.*, 2009), não sendo por isso fatores limitantes ao crescimento dos indivíduos.

A influência da altura da coluna de água nos cultivos encontra-se reduzida na literatura, tendo sido complicado encontrar resultados de estudos anteriores para comparações com o presente trabalho. A densidade é um fator a ter em conta em aquacultura, pois afeta o crescimento dos camarões aumentando o stress no cultivo, devido à diminuição da qualidade da água, pelo aumento da concentração de compostos azotados e diminuição de oxigénio dissolvido, e devido à própria densidade, pois os indivíduos sujeitos a elevadas densidades podem adotar comportamentos agressivos (Liu *et al.*, 2017).

Os resultados do presente estudo mostraram que o incremento do comprimento dos juvenis foi superior nas condições com menor densidade e, semelhantes a estes, foram obtidos resultados em estudos com as espécies *L. vannamei* (Guemez-Sorhouet *et al.*, 2019; Krummenauer *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2017; Schweitzer *et al.*, 2013), *Farfantepenaeus paulensis* (Fóes *et al.*, 2011), *Penaeus semisulcatus* (Kaya *et al.*, 2020), *Penaeus esculentus* (Arnold *et al.*, 2005, 2006) e *Macrobrachium rosenbergii* (López-Uriostegui *et al.*, 2014).

Segundo Esparza-Leal *et al.* (2010), os camarões que se encontrassem em cultivos de menores densidades apresentavam melhores resultados no peso do que os camarões que estivessem sujeitos às maiores densidades. No entanto, no presente estudo, foi possível verificar que o incremento do peso dos juvenis *P. varians* foi influenciado apenas pela altura da coluna de água, observando-se que as condições com a menor altura da coluna de água (4 cm) foram as que apresentam melhores resultados no incremento do peso dos indivíduos.

A taxa de crescimento específico dos juvenis à semelhança do incremento do comprimento também foi influenciada pela densidade do cultivo, apresentando o maior valor na condição 2 (altura: 7 cm; densidade: 5 ind/L), com $5,57 \pm 0,06\%$. Estes resultados mostram que é possível produzir de juvenis *P. varians* maiores em sistemas de baixa densidade e juvenis mais pesados em sistemas com colunas de água baixas.

Nos sistemas de cultivo com grandes densidades o acesso à comida pode ser negativamente afetado, mesmo que exista alimento disponível, devido a comportamentos agressivos, como o canibalismo (López-Uriostegui *et al.*, 2014). O aumento destes comportamentos nos camarões é uma possível justificação para a diminuição da sobrevivência nos cultivos de maiores densidades (Arnold *et al.*, 2005; Kaya *et al.*, 2020). Neste estudo a sobrevivência apresentou como valor mínimo $93,75 \pm 0,06\%$, na condição 1 (altura: 4 cm; densidade: 5 ind/L), no entanto estes valores são justificados pelo fraco manuseamento dos indivíduos durante as biometrias semanais.

A conversão alimentar dos juvenis ao longo deste estudo foi variando, tendo sido a terceira semana (21 dias) de cultivo a que apresentou a maior conversão alimentar. Estes resultados podem ser justificados pela limpeza do sistema, realizada de forma a remover o biofilme acumulado no sistema de cultivo. Segundo alguns autores, para além de manter os sistemas de produção com água limpa e estável, a existência de bioflocos nos cultivos de camarão com elevadas densidades é benéfico, pois há um aumento da quantidade de alimento natural e uma redução dos efeitos adversos da densidade, melhorando a conversão do alimento e por consequente, a promoção do crescimento dos camarões (Deng *et al.*, 2019; Guemez-Sorhouet *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2018; Panigrahi *et al.*, 2019). No entanto, a remoção do biofilme do sistema do presente trabalho, foi benéfica para a avaliação da conversão alimentar dos indivíduos. O novo aumento do ICA aos 28 dias confirma que a existência de biofilme no sistema influencia a conversão alimentar dos juvenis de *P. varians*, pois estes podem ter começado a utilizar este biofilme como outra fonte de alimentação.

Comparando com outros estudos realizados, verifica-se que a conversão dos juvenis no presente estudo é na maioria relativamente inferior. *L. vannamei* apresentou valores de ICA entre 1,8 e 2,0 (Gonzalez-Galaviz *et al.*, 2020), 1,20 e 1,53 (Samocha *et al.*, 2010) e entre 1,06 e 1,59 (Yun *et al.*, 2017). Num estudo de Suresh *et al.* (2011), *Litopenaeus stylirostris*, alimentados com diferentes dietas, apresentaram valores de conversão alimentar

entre 1,41 e 1,48. Semelhantes a este trabalho, foram obtidos valores de ICA entre 1,83 e 2,25, num estudo de Peh *et al.* (2021) com *L. vannamei* e piores que este trabalho, foram obtidos valores entre 10,03 e 19,38, para *P. varians*, e valores entre 5,04 e 7,88, para *Palaemon elegans* (Palma *et al.*, 2008).

Segundo Yuan *et al.* (2020), o tamanho dos *pellets* em relação ao tamanho dos camarões também é importante na obtenção do consumo máximo de alimento, nas produções de camarão. Neste estudo, não se observou dificuldades na alimentação dos camarões, por isso considera-se que o tamanho dos *pellets* foi o adequado para os juvenis de *P. varians* com 5 semanas de crescimento.

Página intencionalmente deixada em branco

5. CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS

A compreensão da biologia e do comportamento da espécie *Palaemon varians* é cada vez mais fundamental para a aquacultura, pois esta espécie apresenta um elevado valor nos ecossistemas, desempenhando um papel fundamental nas cadeias tróficas, possui uma grande resistência às condições ambientais e um valor económico crescente, tornando este pequeno camarão um potencial organismo para produção em aquacultura.

No presente estudo, observou-se que as larvas de *P. varians* não são afetadas pelas condições de iluminação do cultivo, uma vez que o crescimento e a ingestão dos dois grupos se mantiveram semelhantes durante o todo o desenvolvimento larvar. No entanto, a duração da fase larvar e o número de larvas com “repetição” de estádios foi menor na condição com a iluminação branca. Ficou também evidente que a taxa de ingestão das larvas depende principalmente do estágio larvar em que estas se encontram, apresentando lecitotrofia nos estádios zoea 1 e zoea 2, o pico de alimentação em zoea 3 e voltando a diminuir a taxa de ingestão em zoea 4 e zoea 5, sugerindo a estabilização das necessidades nutricionais.

Ficou claro que a cor na iluminação que poderá trazer mais vantagens e menores custos à produção larvar de *P. varians* a luz branca. No entanto, seria interessante o estudo sobre a influência de outras cores ou a combinação de duas ou mais cores no cultivo destas larvas.

No ensaio com os juvenis *P. varians*, o fator que mais influencia o crescimento dos indivíduos é a densidade, sendo a menor a que melhor afeta o crescimento e a conversão alimentar destes. A altura da coluna de água também apresentou ter efeito no peso dos juvenis, verificando-se corpos mais pesados nos camarões sujeitos à menor altura da coluna de água (4 cm). No entanto, existem poucos estudos sobre o efeito deste fator no cultivo de camarão que pudessem melhor justificar o porquê destes resultados.

Deste estudo, ficou também evidente que é possível obter bons valores de crescimento em sistemas de cultivo de baixa densidade com a altura da coluna de água reduzida, o que poderá trazer vantagens ao nível da produção, uma vez que torna possível a produção de camarão em sistemas de recirculação com baixas quantidades de água. No entanto são necessários mais estudos que confirmem estes resultados. O índice de conversão alimentar também apresentou ser influenciado pela densidade de cultivo e a redução drástica

deste aos 21 dias de cultivo sugere que a remoção do biofilme acumulado nas paredes dos aquários do sistema é benéfica se o objetivo é a avaliação da conversão alimentar dos camarões.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguzzi, J., Cuesta, J. A., Librero, M., & Toja, J. (2005). Daily and seasonal feeding rhythmicity of *Palaemonetes varians* (Leach 1814) from southwestern Europe. *Marine Biology*, 148(1), 141–147.
- Ahmed, N., & Thompson, S. (2019). The blue dimensions of aquaculture: A global synthesis. *Science of the Total Environment*, 652, 851–861.
- Anderson, G. S. (1985). Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Gulf of Mexico): grass shrimp. *The Service*, 82.
- Anger, K. (2001). *The Biology of Decapod Crustacean Larvae*.
- Araujo, M. C. de, & Valenti, W. C. (2011). Efeito da intensidade luminosa no desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 37(2), 155–164.
- Arnold, S. J., Sellars, M. J., Crocos, P. J., & Coman, G. J. (2005). Response of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*) to intensive culture conditions in a flow through tank system with three-dimensional artificial substrate. *Aquaculture*, 246(1–4), 231–238.
- Arnold, S. J., Sellars, M. J., Crocos, P. J., & Coman, G. J. (2006). An evaluation of stocking density on the intensive production of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*). *Aquaculture*, 256(1–4), 174–179.
- Asche, F. (2008). Farming the Sea. *Marine Resource Economics*, 23(4), 527–547.
- Augusto, A., New, M. B., Santos, M. R., Amorim, R. V., & Valenti, W. C. (2020). Energy budget and physiology in early ontogenetic stages of the Amazon river prawn. *Aquaculture Reports*, 18, 100–446.
- Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., & Mendiola, D. (2018). Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*, 81, 57–70.
- Badiola, Maddi, Albaum, B., & Mendiola, D. (2014). SeaFood Watch - Recirculating

- Aquaculture Systems (RAS). *Global All Species*, 54.
- Badiola, Maddi, Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26–35.
- Barros, Helenice Pereira de, & Valenti, W. C. (2003). Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. *Aquaculture*, 216, 165–176.
- Barros, H. P., & Valenti, W. C. (2003). Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 217(1–4), 223–233.
- Bastos, A. M., Lima, J. F., & Tavares-Dias, M. (2019). Effects of environmental light colors on the larviculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture International*, 27(5), 1525–1534.
- Bauer, R. T. (1976). Mating behaviour and spermatophore transfer in the shrimp *Heptacarpus pictus* (Stimpson) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae). *Journal of Natural History*, 10(4), 415–440.
- Bauer, R. T. (1990). Analysis of embryo production in a caridean shrimp guild from a tropical seagrass meadow. In A. Kuris (Ed.), *Crustacean Egg Production* (1st ed., p. 11). CRC Press.
- Bauer, R. T., & Abdalla, J. H. (2001). Male mating tactics in the shrimp *Palaemonetes pugio* (Decapoda, Caridea): Precopulatory mate guarding vs. pure searching. *Ethology*, 107, 185–199.
- Berg, A.-B. V., & Sandifer, P. A. (1984). Mating Behavior of the Grass Shrimp *Palaemonetes pugio* Holthuis (Decapoda, Caridea). *Journal of Crustacean Biology*, 4(3), 417–424.
- Boyd, C. E., D’Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso Jr, J. R., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3), 578–633.

- Calado, R., Olivotto, I., Oliver, M. P., & Holt, G. J. (Eds.). (2017). *Marine Ornamental Species Aquaculture* (1st ed.). John Wiley & Sons Ltd.
- Calado, R., Pimentel, T., Pochelon, P., Olaguer-Feliú, A. O., & Queiroga, H. (2010). Effect of food deprivation in late larval development and early benthic life of temperate marine coastal and estuarine caridean shrimp. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 384, 107–112.
- Caves, E. M., Frank, T. M., & Johnsen, S. (2016). Spectral sensitivity, spatial resolution and temporal resolution and their implications for conspecific signalling in cleaner shrimp. *Journal of Experimental Biology*, 219(4), 597–608.
- Chu, K. H., & Shing, C. K. (1986). Feeding behavior of the shrimp, *Metapenaeus ensis*, on *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 58, 175–184.
- Coelho-Filho, P. A., Gonçalves, A. P., & Barros, H. P. (2018). *Artemia* nauplii intake by *Macrobrachium carcinus* at different larval stages in laboratory. *Aquaculture*, 484(July 2017), 333–337.
- Correia, M., Palma, J., & Andrade, J. P. (2016). Growth performance of the early life stages of broad-nosed pipefish, *Syngnathus typhle* (L.) fed different live or frozen diets. *Aquaculture Research*, 47, 1652–1660.
- Cottin, D., Brown, A., Oliphant, A., Mestre, N. C., Ravaux, J., Shillito, B., & Thatje, S. (2012). Sustained hydrostatic pressure tolerance of the shallow water shrimp *Palaemonetes varians* at different temperatures: Insights into the colonisation of the deep sea. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 162, 357–363.
- Cottin, D., Shillito, B., Chertemps, T., Thatje, S., Léger, N., & Ravaux, J. (2010). Comparison of heat-shock responses between the hydrothermal vent shrimp *Rimicaris exoculata* and the related coastal shrimp *Palaemonetes varians*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 393, 9–16.
- Cronin, T. W., & Hariyama, T. (2002). Spectral Sensitivity in Crustacean Eyes. In *The Crustacean Nervous System* (pp. 499–511).
- Dauda, A. B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A. S., & Akinwole, A. O. (2019). Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems.

Aquaculture and Fisheries, 4(3), 81–88.

Deng, Y., Xu, X., Yin, X., Lu, H., Chen, G., Yu, J., & Ruan, Y. (2019). Effect of stock density on the microbial community in biofloc water and Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) gut microbiota. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(10), 4241–4252.

DGRM. (2020). *Estatísticas da Pesca - 2019* (I. N. de Estatística (Ed.)).

Dolmen, D. (1997). *Palaemonetes varians* (Leach) (Crustacea, Decapoda, Natantia) in Norway. *Sarsia*, 82(1), 19–21.

Dolmen, D., Hindley, J. D., & Kleiven, E. (2004). Distribution of *Palaemonetes varians* (Leach) (Crustacea, Decapoda) in relation to biotope and other caridean shrimps in brackish waters of southern Norway and southwestern Sweden. *Sarsia*, 89(1), 8–21.

Domingues, G. A. J. (2015). A pressão hidrostática na toxicidade de cádmio em *Palaemon varians*

Duarte, L. N., Coelho, F. J. R. C., Oliveira, V., Cleary, D. F. R., Martins, P., & Gomes, N. C. M. (2019). Characterization of bacterioplankton communities from a hatchery recirculating aquaculture system (RAS) for juvenile sole (*Solea senegalensis*) production. *PLoS ONE*, 14(1), 1–16.

Encarnação, R. J. J. da. (2013). Análise do Perfil de ácidos gordos de Camarinha, *Palaemonetes varians*.

Escaravage, V., & Castel, J. (1990). The impact of the lagoonal shrimp *Palaemonetes varians* (Leach) on meiofauna in a temperate coastal impoundment. *Acta Oecologica*, 11(3), 10–409.

Esparza-Leal, H. M., Ponce-Palafox, J. T., Aragón-Noriega, E. A., Arredondo-Figueroa, J. L., García-Ulloa Gómez, M., & Valenzuela-Quñonez, W. (2010). Growth and performance of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) cultured in low-salinity water with different stocking densities and acclimation times. *Aquaculture Research*, 41, 878–883.

Eurostat. (2020). <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

explained/index.php?title=Fishery_statistics#Aquaculture_statistics

FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture*.

Farhadian, O., Yusoff, F. M., & Arshad, A. (2007). Ingestion rate of postlarvae *Penaeus monodon* fed *Apocyclops dengizicus* and *Artemia*. *Aquaculture*, 269, 265–270.

Fernandes, J. P. C. L. (2013). Optimizing the dietary protein:lipid ratio on meagre (*Argyrosomus regius*): effects on growth and lipid deposition

Figueira, J. P. C. (2020). Efeito combinado do aquecimento e da acidificação dos oceanos no camarão *Palaemon varians* (Leach, 1814): desenvolvimento larvar e respostas bioquímicas.

Fincham, A. A. (1979). Larval development of British prawns and shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia). 2. *Palaemonetes (Palaemonetes) varians* (Leach, 1814) and morphological variation. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology)*, 35(2), 127–200.

Fóes, G. K., Fróes, C., Krummenauer, D., Poersch, L., & Wasielesky Jr., W. (2011). Nursery of Pink Shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in Biofloc Technology Culture System: Survival and Growth at Different Stocking Densities. *Journal of Shellfish Research*, 30(2), 367–373.

García, J. E. R., & Manjón-Cabeza, E. (1996). New record of *Liocarcinus mcleayi* (Barnard, 1947), new combination (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from south Europe. *Crustaceana*, 69(1), 84–94.

Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Bjørndal, T., Kumar, G., Lorenzen, K., Ropicki, A., Smith, M. D., & Tveterås, R. (2020). A Global Blue Revolution: Aquaculture Growth Across Regions, Species, and Countries. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 28(1), 107–116.

Gelin, A., & Souty-Grosset, C. (2006). Species identification and ecological study of the genus *Palaemonetes* (Decapoda: Caridea) in the French Mediterranean. *Journal of Crustacean Biology*, 26(2), 124–133.

Goblefish. (2019). FAO. <http://www.fao.org/in-action/globefish/market-reports/resource->

detail/en/c/1199292/

- Gonzalez-Galaviz, J. R., Casillas-Hernández, R., Flores-Perez, M. B., Lares-Villa, F., Bórquez-López, R. A., & Gil-Núñez, J. C. (2020). Effect of genotype and protein source on performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 289–294.
- González-Ortegón, E., & Cuesta, J. A. (2006). An illustrated key to species of *Palaemon* and *Palaemonetes* (Crustacea: Decapoda: Caridea) from European waters, including the alien species *Palaemon macrodactylus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86, 93–102.
- González-Ortegón, E., Pascual, E., & Drake, P. (2013). Respiratory responses to salinity, temperature and hypoxia of six caridean shrimps from different aquatic habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 445, 108–115.
- Guemez-Sorhouet, E., Villarreal, H., Racotta, I. S., Naranjo, J., & Mercier, L. (2019). Zootechnical and physiological responses of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae reared in bioflocs and subjected to stress conditions during nursery phase. *Aquaculture Research*, 50(4), 1198–1211.
- Guo, B., Mu, Y., Wang, F., & Dong, S. (2012). Effect of periodic light color change on the molting frequency and growth of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 362–363, 67–71.
- Guo, B., Wang, F., Dong, S., & Gao, Q. (2011). The effect of rhythmic light color fluctuation on the molting and growth of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 314(1–4), 210–214.
- Guo, B., Wang, F., Li, Y., & Dong, S. (2013). Effect of periodic light intensity change on the molting frequency and growth of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 396–399, 66–70.
- Gurney, R., A., M., S., F. L., & S., F. Z. (1923). Some Notes on *Leander longirostris* M. Edwards, and other British Prawns. *Journal of Zoology*, 93(1), 97–123.
- Helfrich, L. A., & Libey, G. (2010). Fish Farming in Recirculating Aquaculture Systems (RAS). Department of Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia Tech, 1-19.

- Holthuis, L. B. (1952). A general revision of the Palaemonidae (Crustacea decapoda natantia) of the Americas. 2. The subfamily Palaemoninae. University of Southern California Press.
- Jayachandran, K. V. (2001). Palaemonid Prawns: Biodiversity, Taxonomy, Biology and Management. *Aquaculture International*, 9, 545–548.
- Ju, R. T., Li, X., Jiang, J. J., Wu, J., Liu, J., Strong, D. R., & Li, B. (2020). Emerging risks of non-native species escapes from aquaculture: Call for policy improvements in China and other developing countries. *Journal of Applied Ecology*, 57(1), 85–90.
- Kawamura, G., Bagarinao, T. U., & Yong, A. S. K. (2017). Sensory systems and feeding behaviour of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, and the marine whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 1, 80–91.
- Kawamura, G., Bagarinao, T. U., Yong, A. S. K., Faisal, A. B., & Lim, L. S. (2018). Limit of colour vision in dim light in larvae of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Fisheries Science*, 84(2), 365–371.
- Kawamura, G., Bagarinao, T., Yong, A. S. K., Jeganathan, I. M. X., & Lim, L. S. (2016). Colour preference and colour vision of the larvae of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 474, 67–72.
- Kaya, D., Genc, E., Genc, M. A., Aktas, M., Eroldogan, O. T., & Guroy, D. (2020). Biofloc technology in recirculating aquaculture system as a culture model for green tiger shrimp, *Penaeus semisulcatus*: Effects of different feeding rates and stocking densities. *Aquaculture*, 528, 735526.
- Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R. O., Poersch, L. H., & Wasielesky Jr., W. (2011). Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(5), 726–733.
- Kumar, V. S., Pandey, P. K., Anand, T., Bhuvanewari, G. R., Dhinakaran, A., & Kumar, S. (2018). Biofloc improves water, effluent quality and growth parameters of *Penaeus*

- vannamei* in an intensive culture system. *Journal of Environmental Management*, 215, 206–215.
- Land, M. F. (1984). Crustacea. In *Photoreception and Vision in Invertebrates* (pp. 401–438).
- Lima, L. C. M. de, & Souza-Santos, L. P. (2007). The ingestion rate of *Litopenaeus vannamei* larvae as a function of *Tisbe biminiensis* copepod concentration. *Aquaculture*, 271, 411–419.
- Liu, G., Zhu, S., Liu, D., Guo, X., & Ye, Z. (2017). Effects of stocking density of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and resistance against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. *Fish and Shellfish Immunology*, 67, 19–26.
- López-Uriostegui, F., Ponce-Palafox, J. T., Arredondo-Figueroa, J. L., Benítez-Mandujano, M. A., Gómez, M. G. U., Vargasmachuca, S. C., & Esparza-Leal, H. M. (2014). Effect of Stocking Density on Growth and Survival of the Prawn *Macrobrachium tenellum* Cultured in a Cage-Pond System. *North American Journal of Aquaculture*, 76(2), 164–169.
- Lucas, J. S., & Southgate, P. C. (2012). *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants* (2nd ed.). John Wiley & Sons Ltd.
- Luchiari, A. C., Marques, A. O., & Freire, F. A. M. (2012). Effects of substrate colour preference on growth of the shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda, Penaeoidea). *Crustaceana*, 85(7), 789–800.
- Maciel, C. R., New, M. B., & Valenti, W. C. (2012). The Predation of *Artemia* nauplii by the Larvae of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), is Affected by Prey Density, Time of Day, and Ontogenic Development. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(5), 659–669.
- Madrigal, R. F. de A. G., Silva, U. de A. T. da, Tavares, C. P. dos S., & Ballester, E. L. C. (2018). Use of native and non-native shrimp (Penaeidae, Dendrobranchiata) in world shrimp farming. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 899–912.
- Magozzi, S., & Calosi, P. (2014). Integrating metabolic performance, thermal tolerance, and plasticity enables for more accurate predictions on species vulnerability to acute and

- chronic effects of global warming. *Global Change Biology*, 21(1), 181–194.
- Maigual-Enriquez, Y. A., Maia, A. A. D., Guerrero-Romero, C. L., Matsumoto, T., Rangel, E. C., & Morais, L. C. de. (2019). Comparison of sludges produced from two different recirculating aquaculture systems (RAS) for recycle and disposal. *Aquaculture*, 502, 87–96.
- Marshall, N. J., Jones, J. P., & Cronin, T. W. (1996). Behavioural evidence for colour vision in stomatopod crustaceans. *Journal of Comparative Physiology - A Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 179(4), 473–481.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., D’Orbcastel, E. R., & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43, 83–93.
- Mavraganis, T., Constantina, C., Kolygas, M., Vidalis, K., & Nathanailides, C. (2020). Environmental issues of Aquaculture development. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(2), 441–450.
- Mendes, A. I. C. (2008). Influência da dieta parental na qualidade lipídica dos ovos e no desenvolvimento embrionário de camarinha, *Palaemonetes varians*
- Metian, M., Troell, M., Christensen, V., Steenbeek, J., & Pouil, S. (2020). Mapping diversity of species in global aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 1090–1100.
- Minagawa, M., & Murano, M. (1993). Larval feeding rhythms and food consumption by the red frog crab *Ranina ranina* (Decapoda, Raninidae) under laboratory conditions. *Aquaculture*, 113, 251–260.
- Nadarajah, S., & Flaaten, O. (2017). Global aquaculture growth and institutional quality. *Marine Policy*, 84, 142–151.
- Nazari, E. M., Müller, Y. M. R., & Ammar, D. (2000). Embryonic development of *Palaemonetes argentinus* Nobili, 1901 (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana*, 73(2), 143–152.
- New, P., Brown, A., Oliphant, A., Burchell, P., Smith, A., & Thatje, S. (2014). The effects

of temperature and pressure acclimation on the temperature and pressure tolerance of the shallow-water shrimp *Palaemonetes varians*. *Marine Biology*, 161, 697–709.

Norman, R. ., Crumlish, M., & Stetkiewicz, S. (2019). The importance of fisheries and aquaculture production for nutrition and food security. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 38(2), 395–407.

Oliphant, A., Hauton, C., & Thatje, S. (2013). The Implications of Temperature-Mediated Plasticity in Larval Instar Number for Development within a Marine Invertebrate, the Shrimp *Palaemonetes varians*. *PLoS ONE*, 8(9), 1–9.

Oliphant, A., & Thatje, S. (2014). Energetic adaptations to larval export within the brackish-water palaemonine shrimp, *Palaemonetes varians*. *Marine Ecology Progress Series*, 505, 177–191.

Oliphant, A., Thatje, S., Brown, A., Morini, M., Ravaux, J., & Shillito, B. (2011). Pressure tolerance of the shallow-water caridean shrimp *Palaemonetes varians* across its thermal tolerance window. *Journal of Experimental Biology*, 214, 1109–1117.

Ottinger, M., Clauss, K., & Kuenzer, C. (2016). Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. *Ocean and Coastal Management*, 119, 244–266.

Palma, J., Stockdale, J., Correia, M., & Andrade, J. P. (2008). Growth and survival of adult long snout seahorse (*Hippocampus guttulatus*) using frozen diets. *Aquaculture*, 278, 55–59.

Palma, Jorge, Bureau, D. P., & Andrade, J. P. (2008). Effects of binder type and binder addition on the growth of juvenile *Palaemonetes varians* and *Palaemon elegans* (Crustacea: Palaemonidae). *Aquaculture International*, 16, 427–436.

Palma, Jorge, Bureau, D. P., Correia, M., & Andrade, J. P. (2009). Effects of temperature, density and early weaning on the survival and growth of Atlantic ditch shrimp *Palaemonetes varians* larvae. *Aquaculture Research*, 40(13), 1468–1473.

Panigrahi, A., Sundaram, M., Chakrapani, S., Rajasekar, S., Syama Dayal, J., & Chavali, G. (2019). Effect of carbon and nitrogen ratio (C:N) manipulation on the production performance and immunity of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone,

- 1931) in a biofloc-based rearing system. *Aquaculture Research*, 50, 29–41.
- Pavlaki, M. D., Araújo, M. J., Cardoso, D. N., Silva, A. R. R., Cruz, A., Mendo, S., Soares, A. M. V. M., Calado, R., & Loureiro, S. (2016). Ecotoxicity and genotoxicity of cadmium in different marine trophic levels. *Environmental Pollution*, 215, 203–212.
- Pavlaki, M. D., Morgado, R. G., Soares, A. M. V. M., Calado, R., & Loureiro, S. (2018). Toxicokinetics of cadmium in *Palaemon varians* postlarvae under waterborne and/or dietary exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(6), 1614–1622.
- Peh, K. L., Shapawi, R., & Lim, L. S. (2021). Black cricket (*Gryllus bimaculatus*) meal as a protein source in the practical diets for juvenile whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(3), 731–740.
- Peruzza, L., Gerdol, M., Oliphant, A., Wilcockson, D., Pallavicini, A., Hawkins, L., Thatje, S., & Hauton, C. (2018). The consequences of daily cyclic hypoxia on a European grass shrimp: From short-term responses to long-term effects. *Functional Ecology*, 32(10), 2333–2344.
- Pinto, M. de C. V. (2010). Optimização Do Cultivo De Camarinha *Palaemonetes varians*.
- Rainbow, P. S., & Smith, B. D. (2013). Accumulation and detoxification of copper and zinc by the decapod crustacean *Palaemonetes varians* from diets of field-contaminated polychaetes *Nereis diversicolor*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 449, 312–320.
- Roberts, G. M. (1995). Salt-marsh Crustaceans, *Gammarus duebeni* and *Palaemonetes varians* as Predators of Mosquito Larvae and Their Reaction to *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Biocontrol Science and Technology*, 5(3), 379–386.
- Rodríguez, F., Barroso, F. J., & Galindo, M. D. (1993). Estudio Biométrico Y Morfológico De Los Huevos De *Palaemonetes varzans* Leach De Dos Localidades Del Suroeste Español. *Limnética*, 9, 67–72.
- Ruppert, E., & Barnes, J. R. (1993). *Invertebrate Zoology* (6th ed.). Saunders College Publishing.
- Samocha, T. M., Patnaik, S., Davis, D. A., Bullis, R. A., & Browdy, C. L. (2010). Use of

- commercial fermentation products as a highly unsaturated fatty acid source in practical diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 41(7), 961–967.
- Schweitzer, R., Arantes, R., Baloi, M. F., Costódio, P. F. S., Arana, L. V., Seiffert, W. Q., & Andreatta, E. R. (2013). Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. *Aquacultural Engineering*, 54, 93–103.
- Simonka, C. E. (2020). Morfologia, Identificação e Alimentação Larvais de *Palaemon varians* Leach, 1814 [in Leach, 1813-1815].
- Suresh, A. V., Kumaraguru vasagam, K. P., & Nates, S. (2011). Attractability and palatability of protein ingredients of aquatic and terrestrial animal origin, and their practical value for blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* fed diets formulated with high levels of poultry byproduct meal. *Aquaculture*, 319(1–2), 132–140.
- Sykes, A. V., Oliveira, A. R., Domingues, P. M., Cardoso, C. M., Andrade, J. P., & Nunes, M. L. (2009). Assessment of European cuttlefish (*Sepia officinalis*, L.) nutritional value and freshness under ice storage using a developed Quality Index Method (QIM) and biochemical methods. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 424–432.
- Thoen, H. H., How, M. J., Chiou, T.-H., & Marshall, J. (2014). A different form of color vision in mantis shrimp. *Science*, 343, 411–413.
- Trindade-Santos, I., Moyes, F., & Magurran, A. E. (2020). Global change in the functional diversity of marine fisheries exploitation over the past 65 years. *Proceedings of the Royal Society B*, 287, 8.
- van Rijn, J. (2013). Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 53, 49–56.
- Vargas-Ceballos, M. A., Badillo-Zapata, D., Chong-Carrillo, O., Ponce-Palafox, J. T., Hernández-Hernández, L. H., & Vega-Villasante, F. (2020). Intake of different food sources in the first zoeae stages of *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(1), 156–161.
- Vercesi, K., & Hayd, L. (2015). Avaliação do número de ovos em diferentes estágios de

- desenvolvimento embrionário de *Macrobrachium pantanalense*. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 41(3), 655–663.
- Wang, F., Dong, S., Huang, G., Wu, L., Tian, X., & Ma, S. (2003). The effect of light color on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensi*. *Aquaculture*, 228, 351–360.
- WoRMS. (2021). *Palaemon varians* Leach, 1814 [in Leach, 1813-1815]. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=587704>
- Xu, Y., Weijia, Y., Yunlong, Z., & Hui, H. (2003). Influence of light wavelength on the vision of the *Macrobrachium nipponenses*. *Journal of Shanghai Teachers University (Natural Sciences)*, 32(3), 75—78.
- Yasharian, D., Coyle, S. D., Tidwell, J. H., & Stilwell, W. E. (2005). The effect of tank colouration on survival, metamorphosis rate, growth and time to metamorphosis freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) rearing. *Aquaculture Research*, 36(3), 278–283.
- Yuan, Y., Lawrence, A. L., Chehade, S. B., Jensen, K. E., Barry, R. J., Fowler, L. A., Makowsky, R., Powell, M. L., & Watts, S. A. (2020). Feed intake as an estimation of attractability in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 532.
- Yúfera, M., & Rodríguez, A. (1985a). Effect of prey density on feeding rates during larval rearing of *Palaemon serratus* Pennant (Crustacea: Palaemonidae). *Aquaculture*, 50, 31–38.
- Yúfera, M., & Rodríguez, A. (1985b). Tasas de alimentación y crecimiento de *Palaemonetes varians* (Crustacea: Palaemonidae) durante el desarrollo larvario. *Investigación Pesquera*, 49(4), 597–606.
- Yun, H., Shahkar, E., Hamidoghli, A., Lee, S., Won, S., & Bai, S. C. (2017). Evaluation of dietary soybean meal as fish meal replacer for juvenile whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc system. *International Aquatic Research*, 9(1), 11–24.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th ed.). Pearson Education.
- Zhang, S.-Y., Li, G., Wu, H.-B., Liu, X.-G., Yao, Y.-H., Tao, L., & Liu, H. (2011). An

integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production. *Aquacultural Engineering*, 45, 93–102.