



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

THIAGO BASTOS BEZERRA DE MENEZES

EFEITO DA NÃO ABLAÇÃO NO PROCESSO DE REPRODUÇÃO DE FÊMEAS
DE *Penaeus vannamei*

FORTALEZA
2019

THIAGO BASTOS BEZERRA DE MENEZES

EFEITO DA NÃO ABLAÇÃO NO PROCESSO DE REPRODUÇÃO DE FÊMEAS DE
Penaeus vannamei

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de Concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M513e Menezes, Thiago Bastos Bezerra de.
Efeito da não ablação no processo de reprodução de fêmeas de *Penaeus vannamei* /
Thiago Bastos Bezerra de Menezes. – 2019.
54 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa.
1. *Penaeus*. 2. Ablação. 3. Reprodução. I. Título.

CDD 639.2

THIAGO BASTOS BEZERRA DE MENEZES

EFEITO DA NÃO ABLAÇÃO NO PROCESSO DE REPRODUÇÃO DE FÊMEAS DE
Penaeus vannamei

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luis Parente Maia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fábio Perdigão Vasconcelos
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dr. Rommel Rocha de Sousa
Fundação de Apoio Cassiano Antônio de Moraes (FUNCAM)

Dedico este trabalho a quem sempre esteve ao meu lado; Deus, minha esposa Mabell, meus filhos, Benjamin e Mirella, e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus que me concedeu a graça de superar mais um desafio em minha vida, pois sem sua ajuda e misericórdia não conseguiria.

Ao meu orientador Dr. Francisco Hiran Farias Costa que com muita paciência aceitou participar deste desafio de me orientar e foi determinante para que esse trabalho fosse realizado.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Fábio Perdigão Vasconcelos, Prof. Dr. Luis Parente Maia e Dr Romel Rocha de Sousa pela disponibilidade em participar da avaliação da presente dissertação de mestrado.

A minha esposa que com muita paciência e compreensão sempre me apoiou nos momentos difíceis e ao meu filho que me inspira e me dar forças para continuar.

Aos meus pais Helio e Shirley pela paciência e incentivo durante esses anos, e a meu irmão Adauto que mesmo sem saber o que eu fazia sempre esteve ao meu lado.

Aos meus amigos e companheiros de pós-graduação em especial a Gabriel Ferreira Gomes e Thais Araújo.

A empresa CELM Aquicultura SA em especial ao Sr Expedito Ferreira, Junior Guedes e Hudson Makson que abriram as portas da empresa e me deram todo apoio necessário para a realização deste trabalho.

A todos àqueles que, embora não citados aqui, tem residência fixa em minhas memórias.

RESUMO

No Brasil a reprodução do *Penaeus vannamei* é realizada em larviculturas especializadas. Dividida em dois diferentes setores a larvicultura é composta por duas áreas principais, a de reprodução e a de larvicultura. Na fase de reprodução muitas vezes são utilizados reprodutores que sofrem indução ao amadurecimento sexual através da ablação ocular, entretanto, essa técnica pode apresentar uma série de desvantagens, além da reprodução, outros processos fisiológicos e metabólicos também são afetados pela retirada do pedúnculo ocular. O uso de fêmeas não abladadas (FNA) tem atraído interesse das larviculturas, pois apresentam vida mais longa do que fêmeas abladadas (FA). Poucos estudos avaliaram a diferença da produtividade entre sistemas baseados em (FA) e (FNA). O objetivo desse estudo é realizar uma análise comparativa do efeito da ablação e não ablação no processo de reprodução de fêmeas de camarões da espécie *P. vannamei*. O presente estudo foi desenvolvido na empresa CELM Aquicultura S.A. Os reprodutores utilizados foram obtidos a partir do setor de formação de reprodutores da própria empresa. Foram utilizados machos e fêmeas de 33 e 39g. No setor de quarentena os animais foram estocados em densidades de até 30 indivíduos/m³, onde permaneceram durante 30 dias. As fêmeas que passaram pelo processo de ablação foram transferidas para o setor de maturação e cópula após 15 dias. Foram utilizados os blocos 1 (FNA) e 2 (FA) no setor de maturação e cópula, cada um com 7 tanques. Em cada tanque foram estocados 70 machos e 90 fêmeas. Constatada a presença de espermatóforos e do estágio de maturação gonadal, as fêmeas eram transferidas para o setor de desova, esse setor é composto de 4 tanques de desova coletiva. Após a desova, as fêmeas eram novamente transferidas para o setor de maturação e cópula. Por gravidade os tanques de desova foram drenados para os carboys, onde os ovos foram lavados e posteriormente levados para o setor de eclosão. No setor de eclosão, são utilizados 12 carboys de 1.000 L para a eclosão dos ovos. Após a eclosão dos ovos as larvas eram transferidas para a sala de náuplios. Em seguida os náuplios foram transferidos para o setor de larvicultura. Foram utilizados 8 tanques retangulares de (25.000 L) com uma densidade inicial de 250 N3/L. Foram verificados: Taxa de mortalidade (%), Taxa de cópula diária (%), Frequência de cópula (dia), Frequência de desova (dia), Taxa de desova (%), Taxa de eclosão (%), Número de ovos/fêmea, Número de náuplios/fêmea, onde o grupo FNA apresentou valores superiores para: Frequência de cópula (16,5 ± 4,7),

Frequência de desova ($17,8 \pm 4,8$), Taxa de desova ($92,7 \pm 5,3$), Taxa de eclosão ($70,8 \pm 2,7$), Número de ovos/fêmea (297.208 ± 24.827^a) e Número de náuplios/fêmea (210.625 ± 21.681). Contudo o grupo FA apresentou valores superiores para: Taxa de mortalidade (39,1) e Taxa de cópula diária ($11,7 \pm 2,8$). O presente estudo demonstrou que o uso de FNA resulta em um desempenho reprodutivo similar ao procedimento que faz uso da técnica de ablação. Adicionalmente, verificou-se que a não ablação em fêmeas não compromete o desempenho zootécnico na fase larval.

Palavras-chave: Penaeus; ablação; reprodução.

ABSTRACT

In Brazil, the reproduction of *Penaeus vannamei* is held in specialized hatchery. The hatchery is divided into two different sectors and it is composed by maturation and hatchery. In the reproduction phase, often times breeders that go through sexual maturation by eye ablation are used. However, the use of this technique might present a lot of disadvantages besides the reproduction, other physiological and metabolic processes are also affected by the withdrawal of the ocular peduncle. The use of non ablated females (NAF) has gotten much interest in the hatchery, due to the fact that they have a longer life than the ablated females (AF). Few studies evaluated the difference of productive between systems based in (AF) and (NAF). The goal of this study was to accomplish a comparative analysis of the ablation and non-ablation effects in the reproductive process of female shrimps from the *P. vannamei* species. The present study was developed in the CELM Aquicultura S.A. company. The breeders used were obtained from the breeders' formation sector of the same company. Males and females of 33g and 39g were used. In the quarantine sector, the animals had been stocked in densities up to 30/m³, where they remained for 30 days. The females that went through the ablation process had been transferred to the maturation and copulation sector after 15 days. In this sector, the blocks 1 (NAF) and 2 (AF) were used each with 7 tanks. In each tank, 70 males and 90 females had been stocked. As the presence of spermatophores and the gonadal maturation were verified, the females had been transferred to the spawning sector, which is composed of 4 collective spawning tanks. After the spawning, the females had been transferred again to the maturation and copulation sector. Due to gravity, the spawning tanks had been drained for the carboys, where the eggs were washed and afterward they were taken to the hatching sector. In the hatching section, 12 carboys of 1.000L each were used for the hatch of the eggs. After the eggs' hatch, the larvae were transferred to the nauplii room. Then, the nauplii were transferred to the larviculture sector. 8 rectangular tanks were used, with 25.000L each, and an initial density of 250 N3/L. It have been verified: Mortality rate (%), Daily copulation rate (%), Frequency of copulation (day), Spawning frequency (day), Spawning rate (%), Hatching rate (%), Number of eggs/female, Number of nauplii/female, where the NAF group presented superior values for Frequency of copulation ($16,5 \pm 4,7$), Spawning frequency ($17,8 \pm 4,8$), Spawning rate ($92,7 \pm 5,3$), Hatch rate ($70,8 \pm 2,7$), Number of eggs/female (297.208

$\pm 24.827^a$) and Number of nauplii/female (210.625 ± 21.681). On the other hand, the AF group presented superior values for the Mortality rate (39.1) and the Daily copulation rate ($11,7 \pm 2.8$). The present study has shown that the use of NAF turns into a reproductive performance similar to the procedure that uses the ablation technique. In addition, it has been verified that the non-ablation of females doesn't implicate the zootechnical performance in the larval phase.

Keywords: Penaeus; ablation; reproduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Detalhe do setor de quarentena da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	30
Figura 2 –	Reprodutor de <i>P. vannamei</i> , selecionado no setor de quarentena da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	30
Figura 3 –	Fêmea de <i>P. vannamei</i> , após procedimento de ablação unilateral do pedúnculo ocular.....	31
Figura 4 –	Detalhe do setor de maturação e cópula da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	32
Figura 5 –	Detalhe do setor de desova da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	35
Figura 6 –	Detalhe de um carboy com anel filtrante utilizado no setor de desova da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	36
Figura 7 –	Detalhe do setor de eclosão da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	37
Figura 8 –	Detalhe da fase 1 da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	39
Figura 9 –	Variação da mortalidade diária (média \pm DP) das fêmeas não abladas (FNA) e fêmeas abladas (FA) de <i>P. vannamei</i> ao longo do período experimental.....	43
Figura 10 –	Náuplios (N4) de <i>P. vannamei</i> , visualizados por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.....	45
Figura 11 –	Zoea (Z3) de <i>P. vannamei</i> , visualizado por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.....	46
Figura 12 –	Misis (M3) de <i>P. vannamei</i> , visualizado por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.....	46
Figura 13 –	Pós-larva (PL3) de <i>P. vannamei</i> , visualizado por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição dos tanques do setor de maturação e cópula da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.....	33
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Peixes e crustáceos mais cultivados no mundo, no ano de 2016.....	15
Tabela 2 –	Quantidade, valor e representatividade dos principais produtos da aquícolas brasileiros.....	19
Tabela 3 –	Taxa de arraçoamento (%) para reprodutores de <i>Penaeus vannamei</i>	33
Tabela 4 –	Composição centesimal (g/kg) das rações utilizadas nos setores de quarentena e maturação e copula.....	33
Tabela 5 –	Desempenho reprodutivo diário de fêmeas não abladas (FNA) e fêmeas abladas (FA) de <i>P. vannamei</i>	42
Tabela 6 –	Desempenho zootécnico durante a larvicultura de <i>P. vannamei</i> , tendo como origem fêmeas não abladas (FNA) e fêmeas abladas (FA).....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Carcinicultura.....	15
1.2	Aquicultura no Brasil.....	18
1.3	Reprodução.....	19
1.4	Ablação.....	21
2	JUSTIFICATIVA.....	24
3	OBJETIVO.....	28
3.1	Objetivo geral.....	28
3.2	Objetivos específicos.....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1	Local do experimento.....	29
4.2	Procedimento experimental.....	29
4.3	Análise dos dados.....	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
6	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (Agenda 2030, de forma abreviada) oferece uma visão de um mundo mais justo e pacífico em que ninguém é colocado em um segundo plano. Esta Agenda 2030, também, define metas para a contribuição e condução da pesca e da aquicultura para a segurança alimentar e nutricional, e o uso de recursos naturais pelo setor, de modo a garantir o desenvolvimento sustentável em termos econômicos, sociais e ambientais, dentro do contexto do Código de Conduta para a Pesca Responsável da FAO (FAO, 1995).

Na década de 70, a produção de peixe e camarões marinhos se baseava quase exclusivamente da captura desses animais em ambiente natural para, posteriormente, serem introduzidos em viveiros ou tanques-rede, sendo que domesticação completa de muitas espécies aquícolas somente foi alcançada durante as últimas duas décadas (LAVENS; SORGELOOS, 1996)

Em 2016, a produção aquícola incluindo as plantas aquáticas foi de 110 milhões de toneladas, estimando-se um valor comercial de primeira venda em 243,5 bilhões de dólares. Este total foi composto por 54,1 milhões de toneladas de peixe; 17,1 milhões de toneladas de moluscos; 7,9 milhões toneladas de crustáceos e 0,9 milhão de toneladas de outros animais, como as tartarugas, pepinos do mar, ouriços do mar, rãs, etc. (FAO, 2018).

Desde o ano 2000, a aquicultura mundial não apresenta altas taxas de crescimento como as observadas nas décadas de 1980 (10,8%) e 1990 (9,5%), entretanto a aquicultura continua a crescer mais rápido que outros setores importantes de produção de alimentos. O crescimento caiu entre os anos de 2001 e 2016 para moderados 5,8% (FAO, 2018).

As espécies mais representativas para a aquicultura mundial, no ano de 2016, foram a carpa capim, *Ctenopharyngodon idellus*, com 6,1 milhões de toneladas, carpa prateada, *Hypophthalmichthys molitrix*, com 5,3 milhões de toneladas, carpa comum, *Cyprinus carpio*, com uma produção de 4,6 milhões de toneladas, tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, com uma produção de 4,2 milhões de toneladas, e por fim, o camarão branco do Pacífico, *Penaeus vannamei*, que é o crustáceo mais produzido no mundo com uma produção anual de 4,2 milhões de toneladas como pode ser verificado na Tabela 01 (FAO, 2018).

Tabela 1- Peixes e crustáceos mais cultivados no mundo, no ano de 2016.

Espécie	Produção (t)
Carpa capim	6.068.000
Carpa prateada	5.301.000
Carpa comum	4.557.000
Tilápia do Nilo	4.200.000
Camarão branco do Pacífico	4.156.000

Fonte: FAO, 2018

O camarão branco do Pacífico, *Penaeus vannamei*, é atualmente o camarão marinho mais cultivado em todo o mundo, representando, em 2016, 75% da produção mundial da carcinicultura (FAO, 2018). É a espécie mais valiosa da aquicultura, valendo 25% a mais do que a produção mundial de salmão do Atlântico, sendo amplamente comercializada internacionalmente (TACON, 2017).

A carcinicultura marinha tem crescido para se tornar um dos setores mais produtivos da aquicultura no mundo, representando o segundo maior grupo de espécies exportadas, em termos de valor econômico, com produção baseada no cultivo de *P. vannamei* e *Penaeus monodon* (FAO, 2018).

Segundo Stentiford (2012) o cultivo dessas duas espécies representa uma parcela de contribuição na indústria mundial superior a 12 bilhões de dólares ao ano. Entretanto, devido as doenças que surgem, acredita-se que as perdas de produção, às vezes, atingem 40% das estimativas realizadas para um determinado ano.

É importante ressaltar que a maricultura de *P. monodon* tem sido fortemente impactada por surtos de doenças, crescimento lento e crises nos preços (PONGTIPPATEE *et al.*, 2007). Por outro lado, independentemente do nível tecnológico da indústria, o *P. vannamei* tem tido um ótimo desempenho, principalmente, na América Latina, no leste e sudeste da Ásia, e na Índia, em sistemas costeiros marinhos, como também em regiões interioranas com uso de águas oligohalinas (FAO, 2018).

1.1 Carcinicultura

O cultivo de camarões marinhos teve início na Indonésia, no século 15, onde pescadores artesanais capturavam pós-larvas e juvenis de camarões através de diques, construídos em zonas de manguezais, que eram abastecidos pela amplitude

das marés. Nos anos 30, o Dr. Motosaku Fujinaga conseguiu realizar a desova do *Penaeus japonicus* em cativeiro. Na década de 70, houve a propagação das técnicas de cultivo comercial em países de regiões tropicais e subtropicais. Nos anos 80, com o aumento da demanda e a alta do preço do camarão, a produção em cativeiro evoluiu rapidamente (NUNES, 2001; COZER; ROSSI, 2016).

Entretanto, nem todas as espécies de camarões são adequadas para o cultivo em cativeiro, existindo apenas 8 espécies apresentam com performances satisfatórias, sendo elas: *Farfantepenaeus chinensis*, *P. monodon*, *P. vannamei*, *Farfantepenaeus merguensis*, *Fenneropenaeus indicus*, *Marsupenaeus japonicus*, *Litopenaeus stylirostris*, *Metapenaeus ensis*, respondendo por cerca de 90% da produção de camarões cultivados (BARBIERI JUNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002).

A produção do camarão do Pacífico *P. vannamei* tem se destacado no mundo devido as qualidades zootécnicas favoráveis ao seu cultivo, tendo destaque o seu crescimento rápido, rusticidade e conversão alimentar eficiente (BARBIERI JUNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002).

O *P. vannamei* é uma espécie oriunda da costa oriental do Oceano Pacífico, distribuindo-se desde a região litorânea de Sonora no México até a região norte do Peru, em Tumbes. Assim como os demais camarões peneídeos, o *P. vannamei* tem a capacidade de metabolizar diferentes classes alimentícias, alimentando-se de fito e de zooplâncton nos estágios larvais e pós-larval. Essa espécie é reconhecida como osmoreguladora, sendo considerada eurihalina, tolerando rápidas e amplas flutuações na salinidade (COZER; ROSSI, 2016).

Segundo Ruppert e Barnes (1996) os camarões são organismos bentônicos que habitam oceanos e águas oligohalinas, pertencentes ao táxon Decápoda. Esses animais são portadores de oito pares de apêndices torácicos, dos quais, os três primeiros são modificados como maxilípedes e os cinco pares restantes, funcionam como patas ou apêndices locomotores, de onde deriva o termo Decápoda.

Pérez-Farfante (1988) incluíram no táxon Dendobranchiata, Superfamília Penaeoidea, reconhecendo sete famílias, 56 gêneros e aproximadamente 500 espécies. Na revisão taxonômica da família Penaeidea, Pérez-Farfante & Kensley (1997) determinaram 26 gêneros e para o gênero *Penaeus*, algumas espécies receberam nova classificação, passando então a pertencer aos gêneros *Litopenaeus*, *Farfantepenaeus*, *Marsupenaeus* e *Fenneropenaeus*. Entretanto, algumas espécies

de valor econômico não sofreram modificações em sua nomenclatura, permanecendo no gênero *Penaeus*, como *P. monodon*, *P. esculentus* e *P. semisulcatus*.

Segundo Pérez-Farfante e Kensley (1997), a classificação taxonômica para a espécie *Penaeus vannamei* é a seguinte:

Reino Animalia

Filo Arthropoda

Subfilo Crustacea **Pennant, 1777**

Classe Malacostraca **Latreille, 1806**

Sub classe Eumalacostraca **Grobben, 1892**

Superordem Eucarida **Calman, 1904**

Ordem Decapoda **Latreille, 1803**

Subordem Dendrobranchiata **Bate, 1888**

Superfamília Penaeoidea **Rafinesque, 1815**

Família Penaeidae **Rafinesque, 1815**

Subfamília Penaeinae **Dana, 1852**

Gênero *Penaeus* **Fabricius, 1798**

Subgênero *Litopenaeus* **Pérez-Farfante & Kesley, 1997**

Espécie *Penaeus vannamei* **Boone, 1931**

Segundo a FAO (2017b), no ano de 2007 foram produzidas 2,35 milhões de toneladas de camarão da espécie *P. vannamei*, a partir de então houve um aumento considerável na produção desta espécie chegando a ser produzido no ano de 2015 um total de 3,88 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 65% na produção do *P. vannamei* num período de 9 anos.

A grande capacidade dessa espécie se adaptar a diferentes tipos de ambientes fez com que houvesse migrações dos cultivos de camarão das áreas litorâneas para o interior, em águas oligohalinas. No Equador, os produtores perceberam que na época das chuvas os camarões conseguiam não só sobreviver, como também tinham bom crescimento mesmo quando as salinidades dos viveiros chegavam a zero. No México, as fazendas localizadas em regiões interioranas, que cultivavam o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*, passaram a cultivar com sucesso o *P. vannamei*. Esse fato ilustra a grande capacidade desse camarão realizar o processo de osmorregulação (VALENÇA; MENDES, 2003).

A domesticação dessa espécie exótica e sua introdução na indústria da carcinicultura exigiram conhecimento de sua biologia, especialmente no que diz

respeito à reprodução, nutrição e saúde (VOGELEY *et al.*, 2012). Existem muitas dificuldades no cultivo de crustáceos em cativeiro, o desenvolvimento incompleto de seus órgãos de percepção (olhos, quimiorreceptores) e sistema digestivo podem ocasionar vários problemas no cultivo desses animais (LAVENS; SORGELOOS, 1996).

1.2 Aquicultura no Brasil

A aquicultura no Brasil é uma atividade recente, entretanto com uma rápida expansão. O país possui condições favoráveis para desenvolvimento do setor, que conta com os mercados interno e externo crescentes. Entretanto, algumas dificuldades perduram, como a insuficiência de dados econômicos agregados e as estruturas das propriedades aquícolas. Todavia, devido ao seu desenvolvimento recente, as cadeias produtivas do setor encontram-se muito menos organizadas que outras cadeias de proteína animal no país, como bovinocultura, suinocultura e avicultura. (MUÑOZ; FLORES; PEDROZA-FILHO, 2015)

A atividade teve início no Brasil na década de 70 com a introdução de uma espécie exótica (*Marsupenaeus japonicus*) e em seguida com as espécies nativas (*Farfantepenaeus brasiliensis*, *F. subtilis*, *Litopenaeus schmitti*). Entretanto, devido as dificuldades de adaptação do *M. japonicus* e a falta de pesquisas mais aprofundadas com relação as espécies nativas fizeram com que os empreendedores em meados de 1990 voltassem suas atenções para o *Penaeus vannamei* que já vinha apresentando dados de produção satisfatórios na Ásia.

O êxito na introdução dessa nova espécie exótica pode ser visualizado nos números de produção entre os anos de 1994 e 2001, onde o Brasil passou de 2.385 toneladas para 38.000 toneladas produzidas respectivamente entre esses anos, logo o país obteve um aumento de 1500% na produção do mesmo (BARBIERI JUNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002).

Mesmo com esse crescimento tão acelerado o Brasil representa somente 1% da produção mundial de crustáceos, produzindo cerca de 64.769 toneladas, desta produção o camarão *Penaeus vannamei* possui uma representatividade de 99,8% (FAO, 2017).

A aquicultura brasileira teve um crescimento de 123% entre os anos de 2005 e 2015. Tal fato ocorreu devido à introdução de novas tecnologias, o surgimento

de mão de obra especializada, o aumento da demanda por pescado a nível nacional, como também maiores facilidades no financiamento bancário. Entretanto, a crise financeira que assolou o país em meados de 2013 fez com que o setor tivesse apenas um aumento de 2% entre os anos de 2014 e 2015 (EMBRAPA, 2019).

Ainda assim, estudos da FAO (2016), apontam que até 2025 espera-se que o Brasil tenha um crescimento de 104% na pesca e aquicultura. No Brasil, esse crescimento será o maior das Américas podendo ser seguido por México com 54,2% e Argentina com 53,9%. Todo esse desenvolvimento, ocorrerá devido aos investimentos feitos no setor nos últimos anos.

Corroborando com essa afirmação Tavares Dias e Mariano (2015), apontam que o Brasil apresenta as maiores taxas de crescimento. A aquicultura é a atividade de produção animal que mais cresce no país e esse crescimento é um advento provocado pelo crescimento das pesquisas na área aquícola, valorização pelas diferentes instituições de pesquisa, bem como pelas agências financiadoras no país.

No Brasil são cultivados comercialmente cerca de 40 espécies de organismos aquáticos, entre marinhas e continentais, cada uma com suas características específicas quanto à biologia, nutrição, reprodução, sanidade e sistema de produção (MUÑOZ; FLORES; PEDROZA-FILHO, 2015).

Segundo o IBGE (2016), os 27 estados brasileiros produziram um valor total oriundo da aquicultura de R\$ 4,61 bilhões, sendo a maior parte (70,9%) da criação de peixes, seguida pela criação de camarões (19,3%) como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade, valor e representatividade dos principais produtos da aquícolas brasileiros.

Principais produtos	Produção aquícola		
	Quantidade	Total (x 1.000 R\$)	(%)
Peixes (kg)	507.121.920	3.264.611	70,9
Camarões (kg)	52.118.709	888.933	19,3
Alevinos (milheiros)	1.134.219	265.884	5,8
Larvas e pós-larvas de camarões (milheiros)	12.611.705	115.263	2,5
Ostras, vieiras e mexilhões (kg)	20.828.670	68.480	1,5
Outros animais*	-	2.526	0,1
Sementes de ostras, vieiras e mexilhões (milheiros)	66.702	1.836	0,0

*Foi pesquisado apenas o valor da produção, não sendo aplicável a unidade de medida de produção.

Na aquicultura brasileira, a região Nordeste destaca-se como a maior produtora aquícola com 29% da produção nacional, em virtude, principalmente, da presença de carcinicultura, atividade não encontrada com expressão nas outras regiões (SEBRAE, 2015). Em 2014, o Ceará liderava a produção de camarão no Brasil que registrou uma produção de 35,39 mil toneladas, vindo em seguida o Rio Grande do Norte, com 18,29 mil toneladas. Juntos, os dois estados responderam por 82,6% da produção nacional naquele ano. Entre os municípios produtores Aracati (CE) permaneceu como destaque em 2014, com produção de 8,82 mil toneladas de camarão representando 24,9% da produção brasileira.

Segundo Vidal e Ximenes (2016), o Nordeste concentra 88,6% do total de produtores de camarão da espécie *P. vannamei*, representando assim 90,6% da produção do país. Esse aumento da produção significa aumento de renda dos produtores, emprego para moradores dessas regiões onde ficam instaladas as fazendas, proporcionando assim desenvolvimento econômico e social dessas localidades.

1.3 Reprodução

Na natureza, o acasalamento e a desova acontecem em alto mar, em zonas profundas com até 72 m, os ovos são liberados no período noturno minimizando assim a ação de predadores, sendo a fecundação externa, as fêmeas passam a nadar rapidamente para que o deslocamento da água pelos pleópodos facilite o contato entre os óvulos e os espermatozoides. Após 12 horas os ovos começam a eclodir, nesse momento, os animais se encontram no estágio de náuplio.

Após a eclosão dos ovos, os camarões peneídeos passam por 4 estágios larvais, sendo: náuplio, protozoa, misis e pós larva. Sendo que o estágio de náuplio possui 5 subestágios, 3 subestágios para protozoa e misis, e por fim o estágio de pós larva que possui subestágios indefinidos visto que nesse estágio os animais fazem a transição para a fase juvenil. As larvas possuem hábito alimentar planctônico e são levadas passivamente em direção à costa pelas correntes de maré.

No estágio de pós-larva, o camarão deixa de ser planctônico e passa a ser bentônico. É nessa fase que o *P. vannamei* deixa o ambiente tipicamente marinho para se desenvolver em zonas estuarinas, onde permanece durante praticamente toda a fase juvenil em lagunas ou áreas de mangue. A medida que os animais se

aproximam da maturidade sexual eles retornam para o mar aberto onde ocorrerá a reprodução. Os machos atingem a maturidade sexual quando atingem o tamanho médio de 17 cm e peso em torno de 20 g, as fêmeas se tornam maduras sexualmente a partir de um tamanho de 23 cm e peso médio de 28 g, o que acontece a partir dos 6-7 meses de vida (BARBIERI JUNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002; COZER; ROSSI, 2016).

Países como Equador, México, Honduras e Peru utilizavam nas larviculturas reprodutores selvagens capturados por pescadores. Entretanto visando minimizar riscos de doenças deu-se início aos programas de seleção e melhoramento genético usando reprodutores cultivados em viveiros e em sistemas de maturação. Pesquisas iniciais usaram reprodutores de uma variedade de países a fim de garantir uma ampla variabilidade genética nos estoques, todavia o fechamento subsequente da importação de camarão vivo reduziu essa atividade (FAO, 2003; FAO, 2007)

Para a reprodução do *Penaeus vannamei* ser viável no Brasil foi necessária a aquisição de reprodutores oriundos de países como Equador, Colômbia e México. Esses animais foram importados nos anos de 1990 para que larviculturas especializadas iniciassem o processo de reprodução (FURTADO NETO, 2014).

Dividida em duas áreas principais, uma larvicultura é dividida em Reprodução e Larvicultura. É na maturação que ocorre o acasalamento e a desova (GONÇALVES, 2004). Segundo Ogle (1991), a maturação controlada e a reprodução em um ambiente de cativeiro são aspectos importantes que contribuem para o sucesso do cultivo desta espécie.

As larviculturas devem ser projetadas visando uma boa eficiência e biossegurança a fim de manter uma excelente produtividade, como também pós-larvas de alta qualidade. Uma larvicultura de camarão bem projetada consistirá de instalações como: quarentena, maturação, desova e eclosão (FAO, 2007).

1.4 Ablação

O cultivo de camarões no mundo é baseado e caracterizado por três fases: reprodução, larvicultura e engorda. Na fase de reprodução são utilizados reprodutores que sofrem indução ao amadurecimento sexual através da extirpação unilateral do pedúnculo ocular, procedimento chamado de ablação (ALFARO-MONTOYA *et al.*, 2018)

Em cada pedúnculo existe uma glândula neurosecretora chamada órgão X e a glândula do seio, juntos formam o complexo órgão X- glândula do seio. O órgão X produz o hormônio inibidor gonadal - HIG e o hormônio inibidor da muda HIM, esses hormônios são liberados para corrente sanguínea através da glândula do seio inibindo assim a atividade do órgão Y que é responsável pela produção dos hormônios da muda – HM e hormônio estimulador gonadal – HEG (BARBIERI JUNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002). Segundo Bray e Lawrence (1992), o processo de ablação tem sido utilizado desde a década 70 para melhorar a produção em larviculturas de *Penaeus* spp.

Existem 3 métodos utilizados para ablação do pedúnculo ocular, são eles: extirpação, esmagamento, enucleação (BARBIERI JUNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002).

Segundo Barbieri Junior e Ostrensky Neto (2002), a ablação ocular pode ser realizada por um corte com uma lâmina no globo ocular da fêmea e em seguida retirando todo material interno do olho, como também pode ser esmagada a base do pedúnculo com alicate ou realizando um corte com uma tesoura na base do pedúnculo, esses métodos possuem respectivamente o nome de enucleação, esmagamento ocular e extirpação.

Ventura-López *et al.* (2017) afirmam que o processo de ablação do pedúnculo ocular das fêmeas do gênero *Penaeus* está diretamente ligado ao controle da reprodução, pois a remoção deste órgão favorece o desenvolvimento das gônadas. Além da reprodução, outros processos fisiológicos e metabólicos são afetados pela remoção do complexo do órgão X glândula do seio (SAINZ-HERNÁNDE *et al.*, 2008).

As mudanças comportamentais, nutricionais, fisiológicas que acontecem com a ablação são várias, muitos pesquisadores confirmaram essa afirmação. Segundo Rosas *et al.* (1995), o processo de ablação interfere na ingestão de alimentos, digestão e transporte de nutrientes. Chang e O'connor (1988) atestaram mudanças no processo de muda devido a retirada do pedúnculo. Chen e Cheng (1995), verificaram mudanças na regulação de glicose e proteínas na hemolinfa.

De acordo com a FAO (2003), o uso de reprodutores não ablacionados atrai interesse para os laboratórios de larvicultura, pois esses animais tem a vida reprodutiva mais longa do que animais que sofreram a retirada do pedúnculo ocular, sob condições de maturação intensiva. Porém, as fêmeas que não passam pelo processo cirúrgico da retirada do pedúnculo apresentam picos de maturação e ciclo

de desovas menos previsíveis dificultando cronogramas de produção (PALACIOS *et al.*, 1999).

Segundo Maggioni *et al.* (2004), o *P. vannamei* é uma espécie altamente resistente e capaz de manter a homeostase, mesmo quando submetida à estresse fisiológico e mecânico devido a ablação ocular.

A retirada do pedúnculo ocular da fêmea é o procedimento mais comum para induzir a maturação sexual em laboratórios comerciais de camarões do gênero *Penaeus*. Entretanto, ocorrem algumas mudanças fisiológicas após o procedimento da retirada do pedúnculo, uma delas é a diminuição considerável do ciclo de muda do animal havendo uma redução de 7 dias entre fêmeas abladas e não abladas (SAINZ-HERNÁNDE *et al.*, 2008).

A retirada do complexo do órgão X - glândula do seio proporciona a antecipação das primeiras desovas, aumento do número de desovas consecutivas, redução do período entre desovas e obtenção de alta taxa de desova (SANTOS; PINHEIRO, 2000).

Contudo, é sabido que o processo de ablação gera alguns incômodos para os animais. Taylor *et al.* (2004) verificaram mudanças comportamentais após o processo de ablação, constatando que as fêmeas passam por um período sem se alimentar, como também apresentam natação errática girando e colidindo com as paredes do tanque indicando grande estresse. Após o processo de ablação ocorre uma diminuição da atividade da fenoxidase e na contagem total de hemócitos, indicando uma maior susceptibilidade aos patógenos (SAINZ-HERNÁNDE *et al.*, 2008). Maggioni *et al.* (2004) constataram que há uma redução considerável na aglutinação da hemolinfa das fêmeas após o procedimento de retirada do pedúnculo ocular que deve ocorrer devido ao estresse do processo.

De acordo com Motte *et al.* (2003), o procedimento de extirpação do pedúnculo ocular pode aumentar a replicação de patógenos como o Vírus da Infecção Hipodermal e Necrose Hematopoiética - IHHNV.

Levando em consideração todos os aspectos da ablação unilateral na reprodução de *P. vannamei*, esse estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa de fêmeas abladas e não abladas através de dados referentes a: taxa de mortalidade, taxa de acasalamento, taxa de eclosão, número de náuplios por fêmea e número de ovos por fêmea.

2 JUSTIFICATIVA

As larviculturas responsáveis pelo processo de reprodução dos camarões utilizam a técnica da ablação ocular, para acelerar o processo de maturação gonadal. Tan-Fermin (1991) afirma que essa técnica tem sido muito utilizada no cultivo de camarões peneídeos, particularmente em espécies de difícil reprodução em cativeiro.

Porém, a técnica de ablação do pedúnculo ocular, pode apresentar uma série de desvantagens. A remoção dos gânglios ópticos é conhecida por afetar gravemente o bem-estar animal, além de causar traumas e estresses associados ao próprio procedimento, tais como: o desequilíbrio fisiológico, comprometimento das defesas imunológicas, o esgotamento acelerado da reprodução e o aumento da mortalidade dos reprodutores (PALACIOS *et al.*, 1999a, PALACIOS *et al.*, 1999b; BAE *et al.*, 2013; TREERATTRAKOOL *et al.*, 2014; DAS *et al.*, 2015). Além disso, a crescente conscientização dos consumidores sobre o bem estar animal, a ética na produção de alimentos e o interesse relacionado de produtores a minimizar riscos comerciais, fizeram com que houvesse uma reavaliação do uso da ablação ocular (LITTLE *et al.*, 2018).

Segundo Palácios *et al.* (1999a), a retirada do complexo ocular reduz a ação de neuropeptídios que são produzidos no pedúnculo ocular, acarretando desequilíbrio hormonal, que por sua vez influenciará na quantidade, qualidade e sobrevivências das larvas produzidas.

O uso de fêmeas não abladas (FNA) tem atraído interesse há algum tempo, especialmente porque os membros das equipes técnicas que trabalham nas larviculturas tem relatado que FNA's sob condições de maturação intensiva tem vida mais longa do que fêmeas abladas (FA) (FAO, 2003). Entretanto, a FNA sofre picos de maturação menos previsíveis e má sincronização de desovas dificultando a elaboração de cronogramas de produção (PALACIOS *et al.*, 1999b).

Poucos estudos avaliaram a diferença da produtividade entre sistemas baseados em animais ablados (FA) e animais não ablados (FNA). Chamberlain e Lawrence (1981) e Palacios *et al.* (1999b) avaliaram os parâmetros de acasalamento, desova, taxa de eclosão, taxa de mortalidade de fêmeas e fecundidade de FA e FNA. Ambos os autores concluíram que a não ablação de fêmeas de *P. vannamei* afeta o sucesso de acasalamento, taxa de eclosão dos ovos, taxa de mortalidade das fêmeas, número de ovos e náuplios por desova.

Palacios *et al.* (1999b) concluiu que a não ablação não apresentou um efeito significativo na sobrevivência larval nos estágios de zoea, mysis e pós larvas. Todavia, é importante ressaltar que, Chamberlain e Lawrence (1981) avaliaram apenas os parâmetros reprodutivos sob condições não comerciais e alguns dos seus resultados podem ter sido afetados porque as FA e FNA foram mantidas nos mesmos tanques experimentais. Além disso, os autores assumem que algumas das FA podem ter tido a regeneração de seus pedúnculos durante o experimento.

Segundo Palacios *et al.* (1999b), comparando o desempenho reprodutivo entre os dois grupos em condições intensivas de reprodução, houve um desequilíbrio entre o número de FA e FNA, o que pode ter influenciado em seus resultados. Além disso, eles também compararam o crescimento larval e a sobrevivência até PL₀₁ FA e FNA, mas não em condições comerciais. É importante destacar, também, que há uma necessidade de avaliações mais contemporâneas dos efeitos da não ablação sobre o desempenho dos reprodutores em termos de desempenho reprodutivo e qualidade de prole (CASTILLO-JUÁREZ *et al.*, 2015).

Nesse contexto, Zacarias *et al.* (2019) avaliando o desempenho reprodutivo de FNA e FA de *P. vannamei* e a qualidade de sua prole em termos de desempenho zootécnico e sobrevivência na larvicultura, berçários e viveiros, em condições comerciais. Onde observou que para o grupo de fêmeas abladas, a taxa de cópula, o número de ovos e náuplios produzidos por tanque foram significativamente maiores. Porém ao analisar o número de ovos e náuplios produzidos por FNA, observou-se que esses números foram significativamente maiores. Vale ressaltar, também, que a mortalidade de FNA foi significativamente menor do que FA. Porém, o autor ressaltou que apesar da menor produção de ovos por tanques das FNA's, devido ao menor sucesso no acasalamento de FNA, houve um aumento gradual da produtividade a partir da terceira semana de experimento para essas fêmeas. Sugerindo, dessa forma, que há uma necessidade de um maior período para FNA atingir as metas de produção de ovos. Concluindo que é viável o uso de FNA por conta do aumento gradual da produtividade e a melhoria da longevidade de FNA, em compensação à maior produtividade de curto prazo de FA. Os resultados obtidos nos experimentos de larvicultura, berçário e engorda, demonstraram não haver a influência da não ablação na performance produtiva nessas fases.

É de fundamental importância para uma larvicultura que as fêmeas abladas sejam substituídas a cada 3 meses de produção ou após 15 desovas, entretanto esse

período de reprodução na larvicultura pode variar devido as dietas nutricionais utilizadas, como também do estado de saúde do animal. Todavia as fêmeas que não passam pelo processo de retirada do pedúnculo ocular podem ser utilizadas na maturação por até um ano (FAO, 2003; FEIJÓ, 2014).

Alguns estudos foram realizados para avaliar a utilização de outras técnicas para substituir ou minimizar os efeitos da ablação. Técnicas como a indução à maturação masculina e feminina através de tratamentos hormonais com o uso de neurotransmissores, como por exemplo, a serotonina, que apresentou resultados promissores na indução e maturação ovariana. Pesquisas também demonstraram que o uso do 17- α -metiltestosterona contribuiu com a melhoria significativa da qualidade do espermátóforo de machos de *P. vannamei* (ALFARO, 1996; ALFARO-MONTOYA, 2019; SAROJINI *et al.*, 1995). Feijó (2014) avaliou o mecanismo de RNA de interferência (RNAi) como uma ferramenta biotecnológica para a sanidade e reprodução do camarão *P. vannamei*. Treerattrakool *et al.* (2011) avaliaram a indução da maturação ovariana e desova em camarões *Penaeus monodon* através da utilização de RNA de dupla fita. Porém, em relação a maioria dessas técnicas avaliadas, os autores ainda não chegaram num consenso geral sobre a viabilidade dos seus respectivos usos em escala comercial.

A reprodução do camarão marinho *P. vannamei* em cativeiro sem a utilização do processo de ablação ocular é pouco difundida no Brasil. Portanto, o objetivo desse estudo é realizar uma análise comparativa do efeito da ablação e não ablação no processo de reprodução de fêmeas de camarões da espécie *P. vannamei*.

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

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente estudo avaliou o desempenho reprodutivo de fêmeas não submetidas ao processo de ablação do pedúnculo ocular (FNA) e fêmeas submetidas ao processo de ablação unilateral do pedúnculo ocular (FA) de *Penaeus vannamei* e o desempenho larval sob condições comerciais. Adicionalmente, o objetivo final deste trabalho é demonstrar a viabilidade técnica da produção de pós-larvas (PLs) de *P. vannamei*, respeitando o bem-estar do animal.

3.2 Objetivos específicos

- Verificar os índices de sobrevivência;
- Analisar a taxa de cópula;
- Calcular a frequência de cópula
- Comparar a taxa de desova;
- Calcular a frequência de desova
- Verificar o número de ovos e náuplios por fêmea;
- Analisar a taxa de eclosão dos ovos;
- Verificar o desempenho larval.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O presente estudo foi desenvolvido na empresa CELM Aquicultura S.A., localizada na cidade de Aracati, Ceará, Brasil. A larvicultura, uma das unidades produtivas da empresa, fica localizada na praia da Lagoa do Mato, a 18 km da cidade de Aracati. O experimento foi realizado entre 1.º de agosto e 29 de setembro de 2017, perfazendo um total de 60 dias.

4.2 Procedimento experimental

Os reprodutores utilizados foram obtidos a partir do setor de formação de reprodutores, localizado em uma fazenda comercial, também pertencente à empresa CELM Aquicultura S.A. (Aracati, Ceará, Brasil). Machos e fêmeas com peso variando entre 33 e 39 g, foram encaminhados para o setor de quarentena da larvicultura, tendo sido conduzidos em caixas de transporte de 1.000 L, com aeração intensa, mantendo o nível de oxigênio próximo à saturação. A água de transporte foi preparada com os seguintes parâmetros: salinidade 35 ppt, pH 7,5, temperatura 27 °C, oxigênio dissolvido 8 mg/L.

Para cada caixa de transporte utilizada, 300 animais, previamente submetidos à sexagem através de dimorfismo sexual, foram transportados. Previamente à entrada no setor de quarentena, os reprodutores foram submetidos a tratamento profilático, através do uso de formalina 50 ppm durante 30 segundos, seguido de ampla renovação da água da caixa de transporte, antes da transferência dos animais (FAO, 2003).

No setor de quarentena (FIGURA 1), composto por 3 tanques de 36 m³ (12,00 x 2,50 x 1,20 m), os animais foram estocados em densidades de até 30 indivíduos/m³, tendo sido avaliados quanto à integridade animal, aspectos morfológicos e anatômicos, além da situação sanitária, genética, zootécnica e nutricional (FIGURA 2). Nesses tanques, instalados em ambiente fechado, a taxa de renovação diária da água pode chegar até 150%, sendo os tanques diariamente submetidos à sifonação. A alimentação diária é composta por alimentos frescos (lula, em especial) e ração especificamente desenvolvida para reprodutores.

Figura 1 - Detalhe do setor de quarentena da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.



Fonte: CELM Aquicultura S.A., 2017.

Figura 2 - Reprodutor de *P. vannamei*, selecionado no setor de quarentena da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.



Fonte: CELM Aquicultura S.A., 2017.

Nos tanques de quarentena, os animais permaneceram por um período de 30 dias, quando foram selecionados para o estabelecimento da taxa sexual (1 macho: 1,25 fêmea), a realização da ablação unilateral do pedúnculo ocular de parte das fêmeas e o encaminhamento para o setor de maturação e cópula (FIGURA 3).

Figura 3 – Fêmea de *P. vannamei*, após procedimento de ablação unilateral do pedúnculo ocular.



Fonte: Empresa CELM Aquicultura S.A., 2017.

No caso das fêmeas submetidas à ablação unilateral do pedúnculo ocular, a região que sofreu injúria dos animais era submetida à banho de imersão em solução de iodo-PVP 20 ppm por 30 segundos (FAO, 2003). Após 15 dias desse procedimento, os casais eram encaminhados para o setor de maturação e cópula, tendo sido acompanhados por 30 dias.

O setor de maturação e cópula (FIGURA 4), também instalado em ambiente fechado, é composto por possui 27 tanques circulares de 20 m³ (diâmetro de 5,00 m e altura de 1,00 m, sendo que o volume útil é de 10 m³), com uma taxa de renovação diária da água de 100-200%, havendo também procedimentos de sifonagem. Nesse ambiente, faz-se uso do fotoperíodo invertido com 14 horas na presença de luz e 10 horas no escuro.

Figura 4 - Detalhe do setor de maturação e cópula da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.



Fonte: CELM Aquicultura S.A., 2017.

Os tanques de maturação e cópula são divididos em 4 blocos com 7 tanques cada um, sendo que o bloco 01 compreende os tanques 01 ao 07, o bloco 02 do tanque 08 ao 14, o bloco 03 do tanque 15 ao 21 e o bloco 04 compreende do 22 ao 27 (QUADRO 1).

Para cada bloco, os animais foram identificados quanto ao sexo, peso, data e origem de chegada, sendo que somente os blocos 02 (fêmeas não submetidas ao processo de ablação do pedúnculo ocular, FNA) e 01 (fêmeas submetidas ao processo de ablação unilateral do pedúnculo ocular, FA), foram utilizados neste procedimento experimental. Em cada um dos tanques, 70 machos e 90 fêmeas foram estocados.

O manejo alimentar, similar ao descrito para o setor de quarentena, está descrito na Tabela 03. Nessa tabela, são indicados os alimentos utilizados, os horários de alimentação e a taxa de arraçoamento (%), considerando o peso corpóreo dos reprodutores. As rações comerciais utilizadas nos setores de quarentena e maturação e cópula e suas composições centesimais estão descritas na Tabela 04.

Quadro 1 – Distribuição dos tanques do setor de maturação e cópula da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.

Bloco	Tanques nº	Bloco	Tanques nº
01	1	02	8
	2		9
	3		10
	4		11
	5		12
	6		13
	7		14
Bloco	Tanques nº	Bloco	Tanques nº
03	15	04	22
	16		23
	17		24
	18		25
	19		26
	20		27
	21		

Tabela 3 - Taxa de arraçoamento (%) para reprodutores de *Penaeus vannamei*.

Alimento	Horário de alimentação						
	03:00	08:00	11:00	14:00	18:00	21:00	24:00
Ração artificial (Breed-S)		0,5%					
Ração artificial (Royal)							0,5%
Fígado de frango			2,0%				
Artêmia adulta					5,0%		
Lula				2,5%		2,5%	
Mexilhão	2,0%						

Fonte: Protocolo da CELM Aquicultura S.A., 2017.

Tabela 4 - Composição centesimal (g/kg) das rações utilizadas nos setores de quarentena e maturação e cópula.

Composição (g/kg)	Ração (g/kg)		
	Broodstock ¹	Vitalis 2.5 ²	Breed-S ³
Proteína (%)	400,0	590,0	400,0
Lipídeos (%)	90,0	110,0	90,0
Cinzas (%)	120,0	115,0	20,0
Fibras (%)	25,0	3,0	NI ⁴
Umidade (%)	250,0	100,0	100,0

Fonte: Protocolo da CELM Aquicultura S.A., 2017.

Fabricantes das Rações: ¹Zeeigler S.A., ²INVE Aquaculture S.A., ³Skretting S.A. ⁴NI: Não informado.

Diariamente, o monitoramento da taxa de mortalidade (%) das fêmeas foi realizado a partir do processo de ablação unilateral do pedúnculo ocular até o último dia de coleta de fêmeas com espermátóforo, sendo expresso em porcentagem, e calculado segundo a fórmula abaixo.

$$T_M = \frac{N_{FM} \times 100}{N_{FM}} \quad (1)$$

Onde:

T_M = taxa de mortalidade;

N_{FM} = Número de fêmeas mortas;

N_{TF} = Número total de fêmeas.

As fêmeas eram verificadas para a observação de impregnação de bolsas espermáticas (espermátóforos). Para a realização desse procedimento diário, as 14h, o sistema de aeração era desligado e a renovação de água reduzida, facilitando a decantação de material em suspensão e, por conseguinte, o acasalamento, tornando mais eficiente o processo de visualização das fêmeas que copularam, durante o período entre 17h e 19h.

Constatada a presença de espermátóforos e do estágio de maturação gonadal, as fêmeas eram transferidas para o setor de desova (FIGURA 5). Nesse setor, são 4 tanques de desova coletivos, similares aos tanques do setor de maturação e cópula. Para evitar o risco de infecção dos ovos, a água dos tanques de desova era preparada com 15 g EDTA dissódico, 1 mL de Premerlin® 600 EC (Adama) e 30 mL de hipoclorito de cálcio, sendo utilizado um intervalo de 8 horas para a recepção das fêmeas. A taxa de cópula foi obtida através da fórmula abaixo.

$$T_C = \frac{N_{FT} \times 100}{N_{FMec}} \quad (2)$$

Onde:

T_C = Taxa de cópula;

N_{FT} = Número de fêmeas transferidas diariamente para o setor de desova;

N_{FMec} = Número de fêmeas do setor de maturação e cópula.

Figura 5 - Detalhe do setor de desova da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.



Fonte: CELM Aquicultura S.A., 2017.

A frequência de cópulas foi determinada através da fórmula abaixo.

$$F_C = \frac{100}{T_C} \quad (3)$$

Onde:

F_C = Frequência de cópulas;

T_C = Taxa de cópula.

Após a desova, as fêmeas eram transferidas para o setor de maturação e cópula, após banho de imersão em solução de iodo-PVP 20 ppm por 30 segundos (FAO, 2003). Os ovos eram drenados dos tanques de desova, coletados em um *carboy* com anel filtrante e submetidos à troca intensa de água para eliminação de resíduos.

Por gravidade os tanques de desova foram drenados para os *carboys* (FIGURA 6), onde os ovos foram lavados. Após a lavagem dos ovos foi utilizado um Becker de 3 L para a transferência dos mesmos para o setor de eclosão.

Figura 6 - Detalhe de um carboy com anel filtrante utilizado no setor de desova da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.



Fonte: CELM Aquicultura S.A., 2017.

Durante o procedimento de retorno das fêmeas para o setor de maturação e cópula, se fazia a avaliação das fêmeas que desovaram, verificando-se os animais desovaram ou não, tornando possível o cálculo da taxa de desova através da fórmula abaixo.

$$T_D = \frac{N_{FMed}}{N_{FD}} \quad (4)$$

Onde:

T_D = Taxa de desova;

N_{FMed} = Número de fêmeas do setor de desova;

N_D = Número de fêmeas que desovaram.

A frequência de desova foi calculada através da fórmula a baixo

$$F_c = \frac{100}{T_D} \quad (5)$$

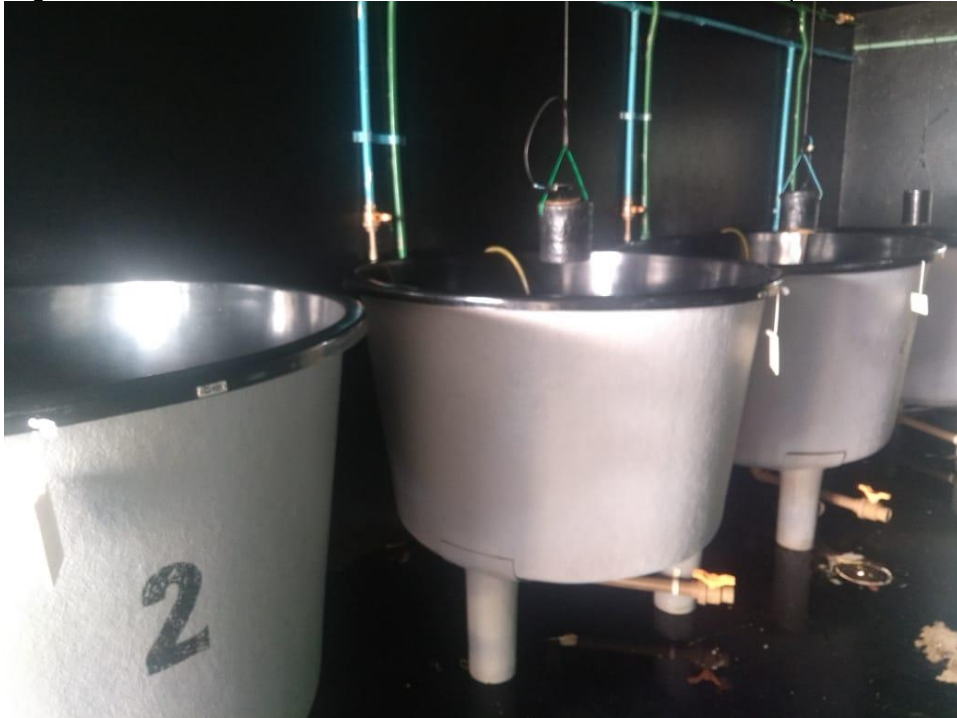
Onde:

F_c = Frequência de cópulas;

T_D = Taxa de cópula.

No setor de eclosão (FIGURA 7), são utilizados 12 *carboys* de 1.000 L para a eclosão dos ovos. A água desses tanques foi mantida com os seguintes parâmetros: salinidade 30 ppt; pH 7,5; temperatura 30 °C; oxigênio 8 mg/L. Duas horas antes da recepção dos ovos, foi adicionado 1,5 g EDTA dissódico, 0,1 mL de Premerlin® 600 EC (Adama) na água dos *carboys* para evitar o risco de infecção dos ovos. A densidade dos ovos nesses tanques variou entre 3.000 e 4.000 ovos/L.

Figura 7 - Detalhe do setor de eclosão da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.



Fonte: CELM Aquicultura S.A., 2017.

Para a contagem dos ovos, eram retiradas 5 amostras de 20 mL da água dos *carboys*, com o uso de um *becker* de 50 mL. Em seguida, a média aritmética das amostras era obtida e o número de ovos era calculado por extrapolação, através de regra de três simples. Após a determinação do número de ovos, foi realizado o cálculo para se obter a quantidade de ovos por fêmea, de acordo com a fórmula abaixo.

$$N_{OF} = \frac{N_O}{N_{FD}} \quad (6)$$

Onde:

N_{OF} = Número de ovos por fêmea;

N_O = Número de ovos;

N_{FD} = Número de fêmeas que desovaram.

Geralmente, o início da eclosão ocorria 7 horas após a inclusão dos ovos nos *carboys* e os náuplios com fototaxia positiva realizavam migração para a superfície da água devido à presença de iluminação na parte superior do *carboy*. Após 17 horas, se finalizava o processo de coleta e transferência de náuplios (N_3) com fototaxia positiva para a sala de náuplios. No momento da transferência, se realizava banho de imersão em solução de iodo-PVP 20 ppm por 30 segundos (FAO, 2003). Em seguida, se calculava o número de náuplios por amostragem e extrapolação por regra de três simples e, em seguida, a taxa de eclosão era determinada utilizando a fórmula abaixo.

$$T_E = \frac{N_N \times 100}{N_O} \quad (7)$$

Onde:

T_E = Taxa de eclosão;

N_N = Número de náuplios;

N_O = Número de ovos.

Finalmente, o número de náuplios por fêmea era determinado de acordo com a fórmula abaixo.

$$N_{NF} = \frac{N_N}{N_F} \quad (8)$$

Onde:

N_{NF} = Número de náuplios por fêmea;

N_N = Número de náuplios;

N_F = Número de fêmeas.

Após o procedimento de contagem, os náuplios foram transferidos para o setor de larvicultura. Foi feito um ensaio de larvicultura durante a Fase 1, com uma duração de 10 dias, tendo sido conduzido usando náuplios (N_3) até o estágio de pós-larva (PL_3), fazendo uso dos protocolos descritos em FAO (2003) e FAO (2007) com adaptações. Para este ensaio, foram utilizados 8 tanques retangulares (25.000 L), cada um estocado com 6.250.000 náuplios, com uma densidade inicial de 250 N_3/L . Para cada tratamento (FNA e FA), os ensaios foram conduzidos com 4 repetições e distribuídos aleatoriamente nos 8 tanques. Nesse setor (FIGURA 8), são utilizados 12 tanques de 25.000 L para a larvicultura Fase 1.

Figura 8 - Detalhe da fase 1 da larvicultura da CELM Aquicultura S.A.



Fonte: CELM Aquicultura S.A., 2017.

As microalgas foram adicionadas diariamente nos tanques nas concentrações de 90.000-100.000 (*Chaetoceros* sp.) e 20.000-30.000 células/mL (*Thalassiosira* sp.) até o estágio de pós-larva (PL_3), quando o experimento foi finalizado. A partir do estágio Zoea (Z_3), fez-se o uso de náuplios de artemia sp. (de Mysis 1 a PL_3) e rações artificiais, líquidas e secas, de diversos fabricantes (Frippak – Inve Aquaculture S.A.; Nutrimia – Irca S.A.; Licalife ZM e MPL – Cargil S.A.; ração líquida – Epicore S.A. de Zoea 1 a PL_3), sendo que o manejo alimentar para cada

ração utilizada seguiu as recomendações dos fabricantes e protocolo nutricional da empresa.

Diariamente, o desenvolvimento do estágio larval e a sobrevivência foram monitoradas. A partir de três amostras de 100 mL de cada tanque, se calculava a média aritmética das amostras e a sobrevivência era determinada através de extrapolação por regra de três simples. Fazendo-se uso de três amostras de 1 g de PLs de cada tanque, o peso médio das amostras foi calculado dividindo-se o peso da amostra pelo número de PLs oriundo de cada tanque. A temperatura da água, salinidade, oxigênio dissolvido e pH foram mantidos em $32,0 \pm 0,5$ ° C, $33,0 \pm 0,2$ g / L, $5,5 \pm 0,1$ mg / L, $8,0 \pm 0,5$, respectivamente.

4.3 Análise dos dados

Os dados foram expressos em valores de média e desvio padrão, com as diferenças estatísticas avaliadas através do teste t-student, onde para um nível de probabilidade $p < 0,05$, foi considerado estatisticamente significativo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento, reprodutores de *P. vannamei* com peso médio de machos e fêmeas de $34,5 \pm 2,5$ e $43,0 \pm 3,0$ g, respectivamente, foram utilizados no setor de maturação e cópula, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

A performance reprodutiva das fêmeas não abladadas (FNA) e abladadas (FA) estão apresentados na Tabela 04. Ao final do experimento, verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) na taxa de mortalidade entre FNA e FA. Desempenho similar foi encontrado por Zacarias *et al.* (2019) que verificaram uma taxa de mortalidade diária de 1,3% e 2,3% para FNA e FA, respectivamente.

Chamberlain e Lawrence (1981) e Palacios *et al.* (1999a) encontraram taxas de mortalidade em seus estudos com *P. vannamei*, 41,7% e 48,3% e 13% e 17% para fêmeas não submetidas (FNA) e fêmeas abladadas (FA), após 97 e 90 dias, respectivamente.

Similarmente, Santiago-Junior (1977) observou que fêmeas de *Penaeus monodom* não-abladadas apresentavam taxas de mortalidade de 61%, enquanto que para fêmeas abladadas unilateralmente a taxa foi de 73%, chegando a 100% de mortalidade para fêmeas abladadas bilateralmente, num período de 265 dias.

Santos e Pinheiro (2000), analisando a eficiência da técnica de ablação unilateral e bilateral do pedúnculo ocular em fêmeas de *Macrobrachium rosenbergii*, constataram mortalidades de 40% para fêmeas não abladadas, enquanto que para fêmeas abladadas unilateralmente e bilateralmente, os valores foram 60% e 100%, respectivamente. Alfaro, Zúñiga e Komen (2004) evidenciaram em seu estudo que fêmeas abladadas de *Litopenaeus stylirostris* apresentaram taxa de mortalidade (67%) superior a fêmeas que não passaram pelo mesmo processo cirúrgico (33%).

Segundo Maggioni (2002) a manipulação e o distúrbio fisiológico causados às fêmeas que são submetidas ao processo de ablação, representam uma condição potencialmente estressante à saúde desses animais. Essa lesão pode servir como uma porta de entrada para patógenos que podem comprometer o bem-estar do animal e levá-lo a morte.

Santos e Pinheiro (2000) verificaram, que após o processo cirúrgico da retirada do complexo ocular de fêmeas de *M. rosenbergii*, houve uma contaminação fúngica na massa ovígera, o que pode ser prejudicial à sanidade animal.

Tabela 5 - Desempenho reprodutivo diário de fêmeas não abladadas (FNA) e fêmeas abladadas (FA) de *P. vannamei*.

Variável	Tratamento	
	FNA	FA
Taxa de mortalidade (%)	28,5± 0,9 ^a	39,1± 0,3 ^b
Taxa de cópula diária (%)	6,5 ± 1,7 ^a	11,7 ± 2,8 ^b
Frequência de cópula (dia)	16,5 ± 4,7 ^a	9,1 ± 2,3 ^b
Frequência de desova (dia)	17,8 ± 4,8 ^a	10,2 ± 2,6 ^b
Taxa de desova (%)	92,7 ± 5,3	89,0 ± 3,8
Taxa de eclosão (%)	70,8 ± 2,7	69,0 ± 3,5
Número de ovos/fêmea	297.208 ± 24.827 ^a	179.120 ± 32.466 ^b
Número de náuplios/fêmea	210.625 ± 21.681 ^a	124.028 ± 25.362 ^b
Produção total de ovos	340.474.426 ^a	306.968.243 ^b
Produção total de náuplios	241.286.998 ^a	212.553.915 ^b

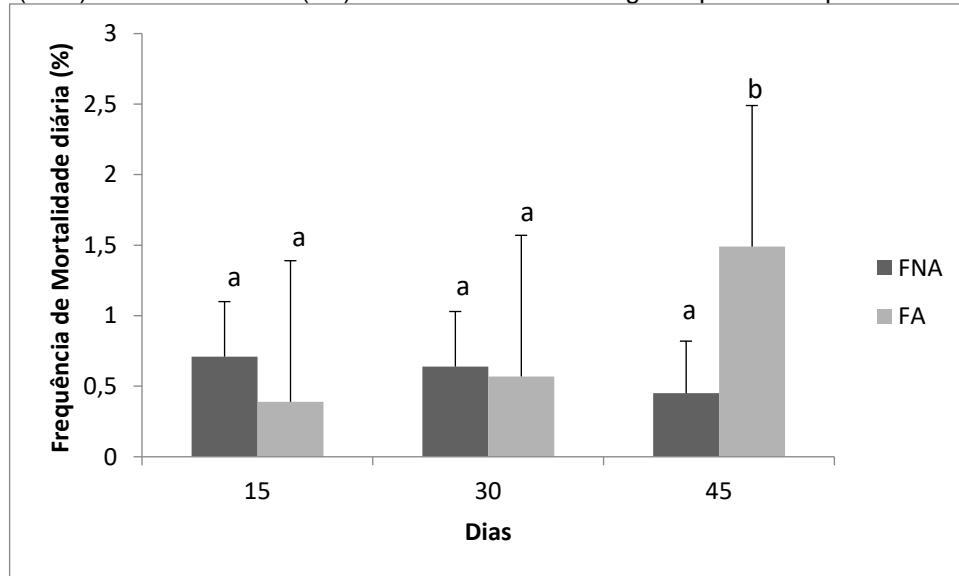
Fonte: Autor, 2019.

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

A evolução da taxa de mortalidade durante o período experimental pode ser verificada na Figura 9. Para os primeiros quinze dias, após a ablação, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) da taxa de mortalidade diária entre FNA ($0,7 \pm 0,4$) e FA ($0,4 \pm 0,3$). Entre o 15.º e o 30.º dia, o comportamento foi similar ao verificado durante os primeiros 15 dias, com uma ligeira redução da taxa de mortalidade diária para o grupo FNA ($0,6 \pm 0,4$) contra um leve aumento para o grupo FA ($0,6 \pm 0,3$). Contudo, nos últimos 15 dias de avaliação, foi verificada uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos, onde o grupo FA apresentou maior taxa de mortalidade diária ($1,5 \pm 0,8$) quando comparado com o grupo FNA ($0,5 \pm 0,4$).

A ablação interfere no equilíbrio fisiológico, reduzindo a defesa imunológica e a eficiência reprodutiva das fêmeas ao longo do tempo (DAS *et al.*, 2015; PALACIOS *et al.*, 1999b; TREERATTRAKOOL *et al.*, 2014). A ablação encurta o processo de maturação gonadal das fêmeas, reduzindo progressivamente os estoques de nutrientes, o que poderia explicar o aumento progressivo da taxa de mortalidade diária (TREECE e FOX, 1993).

Figura 9 - Variação da mortalidade diária (média \pm DP) das fêmeas não ablada (FNA) e fêmeas ablada (FA) de *P. vannamei* ao longo do período experimental.



Em relação à taxa de cópula diária (%), observou-se uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, onde o grupo FNA apresentou um menor valor ($6,5 \pm 1,7$) quando comparado com o grupo FA ($11,7 \pm 2,8$) (TABELA 4). Como consequência, as frequências de cópula e de desova foram maiores em FNA em comparação com FA, indicando um período de desenvolvimento gonadal mais demorado, havendo, portanto, diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos (TABELA 4).

Esses dados corroboram com Zacarias *et al.* (2019) que observaram uma maior taxa de cópula para fêmeas abladadas, verificando uma diferença de aproximadamente 130% entre fêmeas abladadas e não abladadas, enquanto o presente estudo revelou uma diferença de 80%. Dall *et al.* (1990) observaram que a ablação do pedúnculo ocular em fêmeas ocasiona um desequilíbrio hormonal, possibilitando a redução do intervalo entre cópulas.

Panouse (1943) desenvolveu o primeiro trabalho que avaliou o processo de retirada do complexo órgão-X/glândula do seio em crustáceos decápodos, observando uma aceleração expressiva do crescimento ovariano em fêmeas abladadas. Santos e Pinheiro (2000) verificaram que fêmeas abladadas apresentaram maturação ovariana mais intensa, reduzindo o intervalo entre as cópulas, apresentando assim uma maior taxa de cópula.

No presente estudo, verificou-se que não houve diferença significativa ($p>0,05$) na taxa de desova (TABELA 4). Esse resultado corrobora com Zacarias *et al.* (2019) que não encontraram diferença entre as taxas de desova de fêmeas de *P. vanammei* não abladas (90%) e abladas (95%).

Santos e Pinheiro (2000) constataram uma redução de 45% no período para obtenção da primeira desova em fêmeas abladas unilateralmente em comparação com fêmeas não abladas, tendo sido constatado um aumento significativo na taxa de desova de fêmeas abladas unilateralmente de *M. rosenbergii*.

Cunha (2008) verificou que fêmeas de *Macrobrachium acanthurus* que tiveram o pedúnculo ocular extraído apresentaram um maior número de desovas individuais se comparado com fêmeas não abladas. Andriantahina *et al.* (2012) observaram uma taxa de desova para fêmeas abladas unilateralmente de *P. vannamei* entre 83 e 85%.

A técnica de ablação do pedúnculo ocular é utilizada para indução da maturação gonadal em crustáceos decápodos (PRIMAVERA, 1978), proporcionando uma antecipação do estado ovígero e um aumento na frequência de desovas (CUNHA, 2008).

O tempo que é percorrido entre a ablação, primeira desova e as desovas consecutivas está diretamente relacionado com os processos fisiológicos que são fundamentais para maturação dos ovários e realização da desova (CAVALLI; PEIXOTO; WASIELESKY, 1998; PEIXOTO; CAVALLI; WASIELESKY, 2005).

A Tabela 04 indica, também, que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre fêmeas FNA e FA em relação à taxa de eclosão. Zacarias *et al.* (2019) verificaram resultados similares, mas com valores para a taxa de eclosão superiores aos observados nesse estudo. Carvalho *et al.* (2015) fizeram uso do sistema de bioflocos para a maturação de *P. vannamei*, contudo a taxa de eclosão foi de apenas 54% para fêmeas que sofreram o processo de ablação.

No presente estudo, houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os grupos FNA e FA, para número de ovos e de náuplios por fêmea, onde as fêmeas não abladas apresentaram uma maior quantidade de ovos (297.208 ± 24.827) e de náuplios (210.625 ± 21.681) em comparação com as fêmeas abladas (179.120 ± 32.466 ovos e 124.028 ± 25.362 náuplios) (TABELA 4).

Foi realizado durante o estudo o levantamento total de ovos e náuplios produzidos pelos dois grupos e foi verificado que o grupo FA teve uma maior produção

de ovos com diferença estatisticamente significativa, entretanto esses valores já eram esperados, pois o grupo FA foi constituído de um número maior de fêmeas (900) se comparado com o grupo FNA (540). A produção total de náuplios também apresentou diferença estatisticamente significativa durante o estudo. Essa diminuição da produção total de náuplios pode estar ligada à exaustão reprodutiva das fêmeas abladadas, que por sua vez, pode influenciar diretamente na qualidade dos ovos e dos náuplios. Palacios *et al.* (1999), verificaram que após 45 dias da ablação fêmeas de *P. vannamei* utilizadas no setor de maturação e cópula apresentaram exaustão reprodutiva, acarretando na diminuição da quantidade e qualidade de ovos, havendo a necessidade de substituição dos animais.

Carvalho *et al.* (2015) e Zacarias *et al.* (2019) encontraram resultados similares, considerando tanto a relação entre FNA e FA, como a quantidade de ovos e náuplios produzidos. Por outro lado, Alfaro, Zúñiga e Komen (2004) encontraram uma produção de 92.667 ovos por fêmea ablada de *P. vannamei*, abaixo dos valores encontrados no presente estudo.

No experimento de larvicultura fase 1 não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no desenvolvimento larval entre os tratamentos (FIGURA 10, FIGURA 11, FIGURA 12, FIGURA 13). Adicionalmente, os valores de sobrevivência e peso final foram similares (TABELA 5). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Zacarias *et al.* (2019) que acompanharam a larvicultura de náuplio (N₅) até pós-larva (PL₁₂₋₁₄), durante as fases 1 e 2, em resposta ao teste de estresse salino, sobrevivência e peso final, não tendo sido observado diferença significativa entre os tratamentos (FNA e FA).

Figura 10 - Náuplios (N4) de *P. vannamei*, visualizado por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 11 - Zoea (Z3) de *P. vannamei*, visualizado por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 12 - Misis (M3) de *P. vannamei*, visualizado por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 13 - Pós-larva (PL3) de *P. vannamei*, visualizado por microscopia óptica, durante o experimento nos tanques de larvicultura Fase 1.



Fonte: Autor, 2018.

Tabela 6 - Desempenho zootécnico durante a larvicultura de *P. vannamei*, tendo como origem fêmeas não ablasadas (FNA) e fêmeas ablasadas (FA).

Variável	Tratamento	
	FNA	FA
Sobrevivência (%)	58,4 ± 3,5	61,1 ± 4,6
Peso final (mg)	3,9 ± 0,3	3,8 ± 0,2

Fonte: Autor, 2019.

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

6. CONCLUSÃO

Efetivamente, a empresa CELM Aquicultura S.A. tem sido a primeira empresa brasileira a fazer uso de fêmeas não abladas de *Penaeus vannamei* para a produção de pós-larvas em escala comercial no Brasil.

O presente estudo demonstrou que o uso de fêmeas não abladas resulta em um desempenho reprodutivo similar ao procedimento que faz uso da técnica de ablação do pedúnculo ocular, desde que se façam algumas alterações no protocolo de gerenciamento.

Esses resultados demonstram que é possível a reprodução desses animais em cativeiro sem o processo cirúrgico da retirada do complexo órgão X glândula do seio, proporcionando as larviculturas um animal com maior vida reprodutiva e conseqüentemente a redução dos custos na aquisição ou no desenvolvimento dos reprodutores, tendo em vista os valores elevados desses animais.

Esses resultados são de fundamental importância para o setor produtivo, tendo em vista que a grande maioria das larviculturas de *P. vannamei* ainda operam com o processo de retirada unilateral do pedúnculo ocular de fêmeas, o que compromete os últimos conceitos de bem-estar animal.

Adicionalmente, verificou-se que o uso da técnica de não ablação em fêmeas não compromete o desempenho zootécnico na fase larval (Fase 1), fazendo-se necessário o acompanhamento zootécnico na fase complementar da larvicultura (Fase 2) e em cultivos comerciais, além de verificar a viabilidade econômica dessa alteração no protocolo das larviculturas.

REFERÊNCIAS

- ABCCAM - Associação Brasileira de Criadores de Camarão. **História da Carcinicultura no Brasil**. Disponível em: <http://abccam.com.br/2011/02/historia-da-carcinicultura-no-brasil/>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- ALFARO, J. Effect of 17 α -methyltestosterone and 17 α -hydroxyprogesterone on the quality of white shrimp *Penaeus vannamei* spermatophores. **Journal of the World Aquaculture Society**, Louisiana, v. 27, p. 487-492, abr.1996.
- ALFARO, J.; ZÚÑIGA, G.; KOMEN, J. Induction of ovarian maturation and spawning by combined treatment of serotonin and a dopamine antagonist, spiperone in *Litopenaeus stylirostris* and *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 236, n. 1-4, p. 511-522, jun. 2004.
- ALFARO-MONTOYA, J.; BRAGA, A.; UMAÑA-CASTRO, R. Research frontiers in penaeid shrimp reproduction: Future trends to improve commercial production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 503, p. 70-87, mar. 2019.
- ANDRIANTAHINA, F.; LIU, X.; HUANG, H.; XIANG, J.; YANG, C. Comparison of reproductive performance and offspring quality of domesticated Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 324-325, p. 194-200, jan. 2012.
- BAE, S; OKUTSU, T; KANG, J, B; WILDER, M, N. Alterations of pattern in immune response and vitellogenesis during induced ovarian development by unilateral and bilateral ablation in *Litopenaeus vannamei*. **Fisheries Science**, v. 79, p. 895–903, nov 2013.
- BARBIERI JÚNIOR, R.C.; OSTRENSKY NETO, A. **Camarões marinhos: engorda**. Viçosa: Aprenda Fácil, Minas Gerais, v. 2, 2002. 352 p.
- BECKER, A. J. **A utilização de anestésicos na sedação e transporte de juvenis do camarão branco *Litopenaeus vannamei***. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2016.
- BRAY W.A., LAWRENCE A. Reproduction in penaeus species in captivity, A. W. Fast J. Lester (Eds.), **Marine Shrimp Culture: Principles and Practices**. Elsevier: Amsterdam, p. 93-170, 1992.
- CARVALHO, F. G.; MENDES, L. G.; SILVA, J. G.; ANDREATTA, E. R. Primeiro relato da inserção do sistema de bioflocos na maturação em cativeiro do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. **Boletim do Instituto de Pesca**, Santa Catarina, v. 41, n. 2, p. 441-448, 2015.
- CAVALLI, R. O.; PEIXOTO, S. M.; WASIELESKY, W. Performance of *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante) broodstock under long-term exposure to ammonia. **Aquaculture Research**, New Jersey, v. 29, n. 11, p. 815-822, jun. 1998.

CHAMBERLAIN, G. W.; LAWRENCE, A. L. Effect of light intensity and male and female eyestalk ablation on reproduction of *Penaeus stylirostris* and *P. vannamei*. **Journal of the World Mariculture Society**, v. 12, n. 2, p. 357-372, mar. 1981.

CHANG E. S.; O'CONNOR J. D. Crustacean molting. **Endocrinology of Selected Invertebrate Types, Invertebrate Endocrinology**, New York, v. 2, Alan R Liss, p. 259-278, 1988.

CHEN, J. C.; CHENG, S. Y. Hemolymph oxygen content, oxyhemocyanin, protein levels and ammonia excretion in the shrimp *Penaeus monodon* exposed to ambient nitrite. **Journal of Comparative Physiology B**, Barcelona, v. 164, n. 7, p. 530-535, jan. 1995.

CHOY, S. C. Growth and reproduction of eyestalk ablated *Penaeus canaliculatus* (Olivier, 1811)(Crustacea: Penaeidae). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Fiji, v. 112, n. 2, p. 93-107, out. 1987.

COZER, N.; ROSSI, V. G. 2016. **Camarão marinho *Litopenaeus vanammei* (Boone, 1931)**. Curitiba, Disponível em: <https://gia.org.br/portal/camarao-marinho-litopenaeus-vanammei-boone-1931/>. Acesso em: 09 jun. 2019.

CUNHA, C. H. **A influência da ablação unilateral do pedúnculo ocular e a reprodução do camarão de água doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) em cativeiro**. 2008. 37 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

DALL, W. H. B. J.; HILL, B. J.; ROTH LISBERG, P. C.; SHARPLES, D. J. **The biology of the Penaeidae**, v. 27, 1990.

DAS, R; KRISHNA, G; PRIYADARSHI, H; BABU P, G; KUMAR, A, P; RAJENDRAN, K,V; REDDY, A, K; MAKES, M; CHAUDHARI, A. Captive maturation studies in *Penaeus monodon* by GIH silencing using constitutively expressed long hairpin RNA. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 448, p. 512-520, jun. 2015

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2016. **Aquicultura brasileira cresce 123% em dez anos**. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18797150/aquicultura-brasileira-cresce-123-em-dez-anos>. Acesso em: 27 abr. 2019.

FAO. **codigo de conducta para la pesca responsable**, Roma, p.46. 1995.

FAO. **Health management and biosecurity maintenance in White shrimp (*Penaeus vannamei*) hatcheries in Latin America**. FAO Fisheries Technical Paper. Roma, FAO, n. 450, 2003. 62 p.

FAO. **Improving *Penaeus monodon* hatchery practices. Manual based on experience in India**. FAO Fisheries Technical Paper. Roma, FAO, n. 446, 2007. 117p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. Contributing to food security and nutrition for all. Roma, FAO, 2016. 204 p.

FAO. **Fao Aquaculture Newsletter**, Roma, n. 57, 2017a. 64 p.

FAO. Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2015/FAO annuaire. **Statistiques des pêches et de l'aquaculture**. Roma, Italy, 2017b. 107 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018** - Meeting the sustainable development goals. Roma. 2018. 227 p.

FEIJÓ, R. G. **Mecanismo de RNA de interferência (RNAi) como uma ferramenta biotecnológica para a sanidade e reprodução do camarão branco *Litopenaeus vannamei***. 2014. 120 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

FURTADO NETO, M. A. A. Reprodução e genética de camarões marinhos em cativeiro. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, p. 387-388, 2014.

GONÇALVES, M. M. **Diversidade genética do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado no Nordeste do Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, v. 42, 2014. 36 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, v. 44, 2016. 53 p.

JUÁREZ, H. C; MONTES, G.; ZAMORA, A. C.; MONTALDO, H, H. Genetic improvement of Pacific white shrimp [*Penaeus (Litopenaeus) vannamei*]: perspectives for genomic selection. in **Genetics**. México, mar. 2015.

LAVENS, P.; SORGELOOS, P. **Manual on the production and use of live food for aquaculture**. FAO Fisheries Technical Paper. Roma, FAO, n. 361 1996.

LITTLE, D; YOUNG, J. A; ZHANG, W; NEWTON, R, W; MAMUN, A; MURRAY, F. Sustainable intensification of aquaculture value chains between Asia and Europe: A framework for understanding impacts and challenges. **Aquaculture**, Amsterdam, v.493, p. 338-354. 2018.

MAGGIONI, D. S. **Avaliação de parâmetros hemato-imunológicos, em fêmeas ablasadas de camarão *Litopenaeus vannamei*, em associação a uma dieta com diferentes superdosagens de ácido ascórbico**. 2002. 87 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MAGGIONI D. S.; ANDREATTA E. R.; HERMES E. M.; BARRACCO A. Evaluation of some hemato-immunological parameters in female shrimp *Litopenaeus vannamei* submitted to unilateral eyestalk ablation in association with a diet

supplemented with superdoses of ascorbic acid as a form of immunostimulation. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 241, n. 1-4, p. 501-515, nov. 2004.

MAKINOUCI, S.; HONCULADA-PRIMAVERA, J. Maturation and spawning of *Penaeus indicus* using different ablation methods. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 73-81, abr. 1987.

MOTTE, E.; YUGCHA, E.; LUZARDO, J.; CASTRO, F.; LECLERCQ, G.; RODRÍGUEZ, J.; MIRANDA, P.; BORJA, O.; SERRANO, J.; TERREROS, M.; MONTALVO, K.; NARVÁEZ, A.; TENORIO, N.; CEDEÑO, V.; MIALHE, E.; MONTALVO, K. Prevention of IHHNV vertical transmission in the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 219, n. 1-4, p. 57-70, abr. 2003.

MUÑOZ, A. E. P.; FLORES, R. M. V.; PEDROZA-FILHO, M. X. Perfil da Produção Aquícola do Brasil. In: 53 Congresso da SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...** João Pessoa, 2015.

NUNES, A. J. P. O cultivo de camarões marinhos no nordeste do Brasil. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro v. 11, n. 65, p. 26-33, jun. 2001.

OGLE, J. T. Maturation of *Penaeus vannamei* based upon a survey. **Gulf and Caribbean Research**, Carolina do Sul, v. 8, n. 3, p. 295-297, jan. 1991.

PALACIOS, E.; PEREZ-ROSTRO, C. I.; RAMIREZ, J. L.; IBARRA, A. M.; RACOTTA, I. S. Reproductive exhaustion in shrimp (*Penaeus vannamei*) reflected in larval biochemical composition, survival and growth. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 171, n. 3-4, p. 309-321, fev. 1999.

PALACIOS, E.; PEREZ-ROSTRO, C. I.; RAMIREZ, J. L.; IBARRA, A. M.; RACOTTA, I. S. Effect of Eyestalk Ablation on Maturation, Larval Performance, and Biochemistry of White Pacific Shrimp, *Penaeus vannamei*, Broodstock. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 93, n. 2, p. 1-23, mar. 1999.

PANOUSE, M. J. Influence de l'ablation du péduncule oculaire sur la croissance de l'ovarie chez la crevette *Leander serratus*. **C.R. Académie des Sciences Paris**, Paris, v. 217, p. 533-555. 1943.

PATTERSON, L.; DICK, J. T. A.; ELWOOD, R. W. Claw removal and feeding ability in the edible crab, *Cancer pagurus*: implications for fishery practice. **Applied animal behaviour science**, v. 116, n. 2-4, p. 302-305, 2009.

PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Recent developments on broodstock maturation and reproduction of *Farfantepenaeus paulensis*. **Brazilian Archives of Biology and technology**, Santa Catarina, v. 48, n. 6, p. 997-1006, jan. 2005.

PÉREZ-FARFANTE, I. Illustrated key to penaeoid shrimp of commerce in the Americas. NOAA Technical Report. Department of Commerce. National Oceanic

and Atmospheric Administration. **National Marine Fisheries Service**, Nova Escocia. 1988

PÉREZ-FARFANTE, I.; KENSLEY, B. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. **Mémoires du Muséum National d'Histoire naturelle**, Paris v. 62, n. 1, p. 299-301, jan.1997.

PRIMAVERA, J. H. Induced maturation and spawning in five-month-old *Penaeus monodon* Fabricius by eyestalk ablation. **Aquaculture**, Amsterdam v. 13, n. 4, p. 355-359, abr. 1978.

PONGTIPPATEE, P; VANICHVIRIYAKIT, R; CHAVADEJ, J; PLODPAI, P; PRATOOMCHART, B; SOBHON, P; WITHYACHUMNARNKUL, B. Acrosome reaction in the sperm of the black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda, Penaeidae). **Aquaculture Research**, New Jersey, v.38, p. 1635-1644, nov. 2007

ROSAS C.; BOLONGARO CREVENNA A.; SANCHES A.; GAXIOLA G.; SOTO L.; ESCOBAR E. Role of digestive gland in the energetic metabolism of *Penaeus setiferus*. **The Biological Bulletin**, Chicago v. 189, n. 2, p. 168-174, out. 1995.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 6 ed. São Paulo: Roca, 1996.

SAINZ-HERNÁNDEZ, J. C.; RACOTTA, I. S.; DUMAS, S.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Effect of unilateral and bilateral eyestalk ablation in *Litopenaeus vannamei* male and female on several metabolic and immunologic variables. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 283, n. 1-4, p. 188-193, out. 2008.

SANTIAGO JUNIOR, A. C. Successful spawning of cultured *Penaeus monodon* Fabricius after eyestalk ablation. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 11, n. 3, p. 185-196, jul. 1977.

SANTOS, M. J. M.; PINHEIRO, M. A. A. Ablação ocular no camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae): efeitos sobre a reprodução, pigmentação epidérmica e atividade alimentar. **Revista brasileira de zoologia**, Curitiba v. 17, n. 3-4, p. 667. 2000.

SAROJINI, R.; NAGABHUSHANAM, R.; FINGERMAN, M. Mode of action of the neurotransmitter 5-hydroxytryptamine in stimulating ovarian maturation in the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*: An in vivo and in vitro study. **Journal of Experimental Zoology**, v. 271, p. 395-400, abr. 1995

SEBRAE. **Aquicultura no Brasil: Série de Estudos Mercadológicos**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae, Brasília, DF, 2015.

STENTIFORD, G. D. Diseases in aquatic crustaceans: problems and solutions for global food security. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam v. 110, n. 2, p. 141-157, jun. 2012.

TACON, A. G. J; Biosecure Shrimp Feeds and Feeding Practices: Guidelines For Future Development. **Journal of The World Aquaculture Society**, Louisiana v. 48, p. 381-392. jun. 2017.

TAN-FERMIN, J. D. Effects of unilateral eyestalk ablation on ovarian histology and oocyte size frequency of wild and pond-reared *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 77-86, fev. 1991.

TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. Brasília, São Carlos: Pedro & João Editores, v. 2, 2015.

TAYLOR, J.; VINATEA, L.; OZORIO, R.; SCHUWEITZER, R.; ANDREATTA, E. R. Minimizing the effects of stress during eyestalk ablation of *Litopenaeus vannamei* females with topical anesthetic and a coagulating agent. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 233, n. 1-4, p. 173-179, abr. 2004.

TREECE, G. D.; FOX, J. M. **Design, operation and training manual for an intensive culture shrimp hatchery**. Sea Grant Coll. Prog. Texas A. & M. Univ.: Tamu. 1993.

TREERATTRAKOOL, S.; PANYIM, S.; UDOMKIT, A. Induction of ovarian maturation and spawning in *Penaeus monodon* broodstock by double-stranded RNA. **Marine biotechnology**, v. 13, n. 2, p. 163-169, abr. 2011.

TREERATTRAKOOL, S; BOONCHOY, C; URTGAM S; PANYIM, S.; UDOMKIT, A. Functional characterization of recombinant gonad-inhibiting hormone(GIH) and implication of antibody neutralization on induction of ovarian maturation in marine shrimp. **Aquaculture**, Amsterdam 2014, 166-173, mar 2014.

VALENÇA, A. R.; MENDES, G. N. Cultivo de *Litopenaeus vannamei*: água doce ou oligohalina. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro v. 13, n. 78, p. 35-41, ago. 2003.

VENTURA-LÓPEZ, C.; GALINDO-TORRES, P. E.; ARCOS, F. G.; GALINDO-SÁNCHEZ, C.; RACOTTA, I. S.; ESCOBEDO-FREGOSO, C.; LLHERA-HERRERA, R.; IBARRA, A. M. Transcriptomic information from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ovary and eyestalk, and expression patterns for genes putatively involved in the reproductive process. **General and comparative endocrinology**, Colorado v. 246, p. 164-182, mai. 2017.

VIDAL, M. F.; XIMENES, L. J. F. Carcinicultura no Nordeste: velhos desafios para geração de emprego e de renda sustentáveis, até quando?. **Caderno setorial ETENE**, n. 1, v. 1, set. 2016.

VOGELEY, J. L.; NERY, R.; VALLE FERREIRA, B.; VOGLEY, F.; LIMA, J. V.; SOARES, R.; PEIXOTO, S. Resistência dos camarões marinhos *Litopenaeus vannamei* e *Farfantepenaeus subtilis* a infecções por *Vibrio harveyi*. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 1, p. 41-45. 2012.

ZACARIAS, S.; CARBONI, S.; DAVIE, A.; LITTLE, D. C. Reproductive performance and offspring quality of non-ablated Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under intensive commercial scale conditions. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 503, p. 460-466, mar. 2019.