



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

ROMMEL ROCHA DE SOUSA

**EFEITO DO TRATAMENTO MAGNÉTICO DA ÁGUA NAS DIVERSAS FASES DE
CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO *Penaeus vannamei***

FORTALEZA

2019

ROMMEL ROCHA DE SOUSA

EFEITO DO TRATAMENTO MAGNÉTICO DA ÁGUA NAS DIVERSAS FASES DE
CULTIVO DE *Penaeus vannamei*

Tese de Doutorado submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor 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)

- R576e Sousa, Rommel Rocha de.
 Efeito do tratamento magnético da água nas diferentes fases de cultivo do camarão marinho
 Penaeus vannamei/Rommel Rocha de Sousa – 2019.
 77 f.:il. color.
- Tese (doutorado) – 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. Magnetismo. 2. Reprodução. 3. Tecnologia. 4. Camarão-do-pacífico. I. Título

CDD 639.2

EFEITO DO TRATAMENTO MAGNÉTICO DA ÁGUA NAS DIVERSAS FASES DE
CULTIVO DE *Penaeus vannamei*

Tese de Doutorado submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor 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. Fábio Perdigão Vasconcelos
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Ítalo Régis Castelo Branco Rocha
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE (Campus Morada Nova)

Prof. Dr. José William Alves da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE (Campus Aracati)

Prof. Dr. Luís Parente Maia
Universidade Federal do Ceará (UFC - Labomar)

Dedico este trabalho a Deus, sem ele eu nada seria, aos meus pais, esposa e meu filho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus por sua bondade e amor pela minha vida.

Aos meus pais, Antônio Ferreira de Sousa e Lúcia de Fátima Rocha de Sousa, por sempre me apoiarem e pelo apoio dado ao longo do meu mestrado.

Ao meu orientador, Professor Dr. Francisco Hiran Farias Costa, pelos ensinamentos, incentivo e dedicação.

A minha esposa Lívia Rodrigues Guimarães por ser inspiração e ao apoio dado em muitas etapas da minha vida.

Ao meu filho Filipe Guimarães de Sousa principal motivo de todo meu esforço e dedicação.

À empresa Timol Ltda. pelo apoio prestado durante toda a execução da pesquisa.

À toda equipe de colaboradores da empresa Celm Aquicultura Ltda., em especial ao gerente administrativo e amigo pessoal Hudson Makson Rocha Lucena, por todo apoio prestado para execução da pesquisa dentro da empresa.

Ao engenheiro de pesca e amigo Alberto Pinheiro, proprietário da empresa Santorini Aquicultura Ltda., por ceder o espaço em sua empresa para realizarmos parte da pesquisa.

Aos colaboradores e proprietários da empresa Monólitos Aquicultura Ltda., pelo apoio prestado durante os experimentos.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Fábio Perdigão Vasconcelos, Prof. Dr. Ítalo Régis Castelo Branco Rocha, Prof. Dr. José William Alves da Silva e Prof. Dr. Luis Parente Maia, pela participação da avaliação da presente tese de doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, de fundamental importância durante a pós-graduação.

RESUMO

Comparada a outros países, a carcinicultura brasileira tem tido um desenvolvimento moderado, ocupando uma área inferior a 25.000 hectares. No entanto, nos últimos anos, a produção de camarão tem acelerado na região Nordeste, devido ao aumento da demanda interna e melhoria dos processos tecnológicos. O tratamento magnético da água é um recurso simples no qual a água passa através de um campo magnético e altera algumas de suas propriedades físico-químicas. Recentemente, a tecnologia do magnetismo tem sido aplicada gradualmente na aquicultura para aumentar o crescimento, velocidade de reprodução, a redução da mortalidade em processos de ecdise, incrementando a imunidade e produção de larvas. A presente tese teve como objetivo pesquisar e avaliar o uso da água magneticamente tratada na larvicultura de *Penaeus vannamei*, a nível comercial. O presente estudo foi desenvolvido nas empresas CELM Ltda, localizada em Aracati-CE, Santorini Aquicultura Ltda., localizada em Fortin-CE e Monólitos Aquicultura Ltda, em Banabuiú-Ce. Para o experimento 1, foram utilizados náuplios para a realização da larvicultura desde o sub-estágio náuplio 4 (N₄) até PL₁₁ (Pós larva), durante um período mínimo de 21 dias, na empresa CELM Ltda., com 2 tratamentos e 4 repetições cada, sendo um tratamento controle e um tratamento com tanques contando água magnetizada. Para o experimento 2, foram utilizadas pós-larvas para o cultivo durante a fase de berçário secundário desde PL₁₁ até animais de 0,6 g, durante um período mínimo de 30 dias, na empresa Santorini Aquicultura Ltda. Para o experimento 03, realizado na Fazenda Monólitos Aquicultura – Banabuiú-CE, Foram utilizadas pós-larvas (PL₂₁), oriundas do experimento 1, gerando um total de 2 tratamentos com 2 repetições cada, para o cultivo comercial, sendo um tratamento controle e outro tratamento com larvas que passaram pela fase de berçário em água magnetizada. No setor de maturação a tecnologia de magnetização foi capaz de melhorar os parâmetros reprodutivos dos animais. Na larvicultura foi melhorada a sobrevivência, o peso médio e a produtividade dos tanques. Não houveram diferenças significativas nos experimentos de berçário secundário e no cultivo comercial.

Palavras-chave: Magnetismo. Reprodução. Tecnologia. Camarão-do-pacífico.

ABSTRACT

Compared to other countries, Brazilian shrimp farming has had a moderate development, occupying an area of less than 25,000 hectares. However, in recent years, shrimp production has accelerated in the Northeast due to increased domestic demand and improved technological processes. Magnetic water treatment is a simple feature in which water passes through a magnetic field and changes some of its physical-chemical properties. Recently, magnetism technology has been gradually applied in aquaculture to increase growth, breeding speed, reduction of mortality in ecdysis processes, enhancing immunity and larval production. The present project aims to research and evaluate the use of magnetically treated water in the larvae of *Penaeus vannamei*, at commercial level. The present study was developed at the companies CELM Ltda, located in Aracati-CE, Santorini Aquicultura Ltda., Located in Fortin-CE and Monólitos Aquicultura Ltda. For experiment 1, nauplii were used to perform larviculture from the subplot nauplii 4 (N4) to PL11, for a minimum period of 21 days, at CELM Ltda., With 2 treatments and 4 replications each, one treatment and a treatment with tanks counting magnetized water. For experiment 2, post-larvae were used for the cultivation during the secondary nursery phase from PL11 to animals of 0.6 g, for a minimum period of 30 days, at the company Santorini Aquicultura Ltda. Post-larvae (PL21) from experiment 3 were used, generating a total of 2 treatments with 2 replicates each, for commercial cultivation, being a control treatment and another treatment with larvae that passed through the nursery phase in magnetized water. In the maturation sector the magnetization technology was able to improve the reproductive parameters of the animals. In the larviculture the survival, the average weight and the productivity of the tanks were improved. There were no significant differences in the experiments of secondary nursery and commercial cultivation.

Keywords: Magnetism. Reproduction. Technology. Pacific shrimp.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01- Contribuição relativa de pescado da aquicultura e da pesca de captura para o consumo humano..... | 17 |
| Figura 02 - Produção total e valores da aquicultura mundial em 2016..... | 19 |
| Figura 03 - Taxa de crescimento anual da produção aquícola por continente..... | 20 |
| Figura 04 - Vista aérea do laboratório da empresa CELM Aquicultura Ltda, localizado na praia de Lagoa do Mato, município de Aracati - CE.... | 41 |
| Figura 05 - Figura 05 – Equipamentos de magnetização (Sylocimol rural 5.000), com densidade de fluxo magnético de 3.800 Gauss, fornecidos pela Timol Ltda..... | 43 |
| Figura 06 - Setor de reprodução do laboratório da CELM Aquicultua Ltda, composto por 27 tanques de 10 m ³ cada..... | 44 |
| Figura 07 - Coletores de ovos de 300 L, com tela de filtração de 100 micrômetros, situados no setor de desova da CELM Aquicultura..... | 46 |
| Figura 08 - Náuplios sendo atraídos pela luz no momento da coleta nos carboys de 1.000 L cada, localizados no setor de eclosão da empresa CELM Aquicultura Ltda..... | 47 |
| Figura 09 - Tanques de larvicultura de 25.000 L localizados no setor de larvicultura da empresa CELM Aquicultura Ltda..... | 48 |
| Figura 10 - Número de ovos/fêmea antes de se iniciar o experimento de tratamento magnético da água..... | 54 |
| Figura 11 - Número de náuplios/fêmea antes de se iniciar o experimento de magnetização..... | 54 |
| Figura 12 - Taxa de eclosão dos ovos antes de se iniciar o experimento de magnetização..... | 57 |
| Figura 13 - Número de Ovos/fêmea após o início do experimento de magnetização da água..... | 58 |
| Figura 14 - Número de Náuplios/fêmea após o início do experimento de magnetização da água..... | 58 |
| Figura 15 - Taxa de eclosão dos tratamentos magnetizado e controle, após o início do experimento de magnetização..... | 59 |
| Figura 16 - Taxa de deformidade dos tratamentos magnetizado e controle..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Figura 17 - Sobrevivência final do experimento de larvicultura na empresa CELM Aquicultura Ltda..... | 61 |
| Figura 18 - Peso médio das larvas do experimento de larvicultura na empresa CELM Aquicultura Ltda..... | 61 |
| Figura 19 - Produtividade dos tanques de larvicultura na empresa CELM Aquicultura Ltda..... | 62 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Distribuição dos tanques de reprodução no laboratório da CELM Aquicultura Ltda, onde o Bloco 01 compreende os tanques de reprodução 01 ao tanque 07, o Bloco 02 compreende os tanques 08 ao 14, o Bloco 03 do tanque de reprodução de nº 15 ao 21 e o Bloco 04 compreende do tanque de reprodução 22 ao tanque 27..... | 44 |
|---|----|

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabela 01 - | Produção aquícola dos principais grupos de espécies de pescado por continente, em 2016 (Milhões de toneladas, em peso vivo)..... | 21 |
| Tabela 02 - | Pescadores e aquicultores empregados a nível mundial, por região (x 1.000)..... | 24 |
| Tabela 03 - | Ranking dos principais produtores em aquicultura entre os anos de 2014 e 2016..... | 25 |
| Tabela 04 - | Ranking nacional dos dez principais estados produtores em aquicultura, nos anos de 2008 e 2010..... | 27 |
| Tabela 05 - | Principais espécies cultivadas no Brasil, nos anos de 2008 e 2010.... | 28 |
| Tabela 06 - | Principais espécies de crustáceos cultivadas no mundo, nos anos de 2014 e 2016..... | 29 |
| Tabela 07 - | Produção e taxa de crescimento nos anos de 2012 e 2014 para os dez principais países produtores de camarão cultivado..... | 31 |
| Tabela 08 - | Tipos e taxa de alimentação ofertada aos reprodutores do setor de reprodução..... | 45 |
| Tabela 09 - | Taxa de alimentação utilizada durante o experimento de cultivo em viveiros comerciais..... | 51 |
| Tabela 10 - | Parâmetros de qualidade de água analisados durante as diferentes fases dos experimentos, entre os grupos controles (TDC, TC _{E1} , TC _{E2} e TC _{E3}) e os grupos com água tratada magneticamente (TDM, TM _{E1} , TM _{E2} e TM _{E3})..... | 55 |
| Tabela 11 - | Parâmetros reprodutivos dos tanques de reprodução antes de serem iniciados os experimentos com água tratada magneticamente..... | 56 |
| Tabela 12 - | Peso médio individual de macho e fêmeas dos diferentes blocos de tanques de reprodução..... | 56 |
| Tabela 13 - | Resultado do experimento no setor de maturação na empresa CELM Aquicultura Ltda..... | 60 |
| Tabela 14 - | Resultados do experimento de larvicultura realizado na empresa CELM Aquicultura Ltda..... | 63 |
| Tabela 15 - | Taxa de metamorfose dos diferentes tratamentos do experimento de larvicultura..... | 64 |

| | |
|--|----|
| Tabela 16 - Resultados do experimento realizado em berçários secundários..... | 65 |
| Tabela 17 - Resultados do experimento realizado em viveiros de cultivo comercial..... | 66 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1 | Aquicultura..... | 15 |
| 1.2 | Carcinicultura Marinha..... | 26 |
| 1.3 | Efeito do tratamento magnético na água..... | 32 |
| 1.4 | Aplicações do tratamento magnético na aquicultura..... | 36 |
| 2 | JUSTIFICATIVA..... | 37 |
| 3 | OBJETIVOS..... | 40 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 41 |
| 4.1 | Local do experimento..... | 41 |
| 4.2 | Exemplares de <i>Penaeus vannamei</i>..... | 42 |
| 4.3 | Procedimento experimental..... | 42 |
| 4.3.1 | <i>Reprodução</i>..... | 43 |
| 4.3.2 | <i>Setor de desova</i>..... | 45 |
| 4.3.3 | <i>Eclosão</i>..... | 46 |
| 4.3.4 | <i>Larvicultura</i>..... | 47 |
| 4.3.5 | <i>Fase de berçário secundário (Raceway)</i>..... | 49 |
| 4.3.6 | <i>Cultivo em viveiros comerciais em oligohalinas</i>..... | 50 |
| 4.4 | Amostragem e análise da qualidade da água..... | 51 |
| 4.5 | Análise estatística | 52 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 53 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 68 |
| | REFERÊNCIAS..... | 69 |

1 INTRODUÇÃO

O “crescimento azul” é um enfoque inovador, integrado e multissetorial para o ordenamento dos recursos aquáticos destinados a obter a maior quantidade de bens e serviços ecossistêmicos com o uso dos oceanos, das águas continentais e das zonas úmidas, proporcionando ao mesmo tempo benefícios sociais e econômicos. Seu objetivo é a ordenação coordenada visando o crescimento inclusivo que contribui com os três pilares do desenvolvimento sustentável (social, econômico e ambiental) e aliviar a pobreza, a fome e a desnutrição (BURGESS *et al.*, 2018).

O crescimento azul está ancorado no princípio de que os serviços ecossistêmicos que prestam os ecossistemas aquáticos são fundamentais para o bem estar humano: o ar que respiramos, os alimentos que consumimos e a água que bebemos e usamos para cultivar os alimentos. Em particular, os serviços dos ecossistemas marinhos geram mais de 60% do valor econômico da biosfera mundial (MARTINEZ *et al.*, 2007). A comunidade mundial reconhece este valor e há concentrado cada vez mais esforços para o desenvolvimento da capacidade econômica para explorar os ecossistemas aquáticos e dos serviços que prestam, de uma maneira sustentável.

1.1 Aquicultura

A aquicultura tem passado por uma grande expansão nos últimos quatro decênios, repercutindo diretamente na segurança alimentar e na nutrição, gerando divisas, empregos e comércio. Algumas questões da aquicultura são de origem transfronteiriça ou regional, como a introdução e transferência de espécies cultivadas, o controle de enfermidades, as questões sociais, econômicas e ambientais, o efeito em zonas ambientais e costeiras, ribeirinhas e lacustres, o uso da terra, dos solos e da água, o desenvolvimento e as práticas industriais (FAO, 2018).

As ameaças à aquicultura, tais como as enfermidades e outros aspectos de sanidade animal, se encontram entre as questões críticas que requerem atenção e atuação em colaboração por parte das organizações que regulamentam o setor pesqueiro. Essas ameaças tem uma especial repercussão nas atividades aquícolas nos países em desenvolvimento, especialmente em zonas onde a aquicultura é fundamental para o desenvolvimento econômico. Por exemplo, a exploração aquícola de crustáceos, especialmente camarões,

desempenha um papel importante na Ásia e no Pacífico, porém a produção de camarões tem sido afetada por surtos de enfermidades graves (SUBASINGHE, 2017).

Para responder a esse problema, as redes de centros de aquicultura da Ásia e do Pacífico, estabeleceram um sistema de reporte trimestral de enfermidades de animais aquáticos de nível regional. No oriente, se tem formulado uma estratégia regional sobre a sanidade dos animais aquáticos, onde se organizou cursos de capacitação sobre análises de riscos para os movimentos de animais aquáticos vivos e uma mesa redonda sobre biossegurança aquática regional (FAO 2016; FAO 2017).

Em todo mundo, a aquicultura gera em torno de 19 milhões de postos de trabalho no setor primário (produção). Dessa forma, é papel fundamental dos órgãos regionais de ordenamento da aquicultura, prestar apoio aos países para aumentar a geração de empregos baseada em trabalho decente e na proteção social, com iniciativas que compreendam esferas como transferência de tecnologia e inovação, intercâmbio de boas práticas de aquicultura com enfoque para adaptações às mudanças climáticas, atividades de empreendedorismo e biossegurança (MASSA; ONOFRI; FEZZARDI, 2017).

Desde 1961, o aumento anual médio do consumo mundial de pescado comestível (3,2%) tem sido superior ao crescimento da população (1,6%) e tem superado o consumo de carnes de todos os animais terrestres, tanto em conjunto (2,8%) como separadamente por classes, com exceção dos frangos (4,9%). Em termos *per capita*, o consumo de pescados comestíveis tem aumentado de 9,0 kg em 1961 a 20,2 kg em 2015, a uma taxa média de aproximadamente 1,5% ao ano. A expansão do consumo obedece não somente a um aumento de produção, mas também a uma combinação de muitos outros fatores, como a redução de resíduos, uma melhor utilização dos mesmos, canais de distribuição melhorados e uma crescente demanda vinculada ao crescimento demográfico (FAO, 2018).

De acordo com a FAO (2018), enquanto os produtores e comerciantes de pescado podem se manter até certo ponto receptivos à evolução das preferências dos consumidores, as limitações naturais e os fatores biológicos constituem elementos-chave para determinar as espécies que serão disponibilizadas aos consumidores. Essa característica é claramente refletida no rápido crescimento do setor aquícola a partir de meados da década de 80, que coincide com a relativa estabilidade da produção da pesca de captura desde o final dessa década.

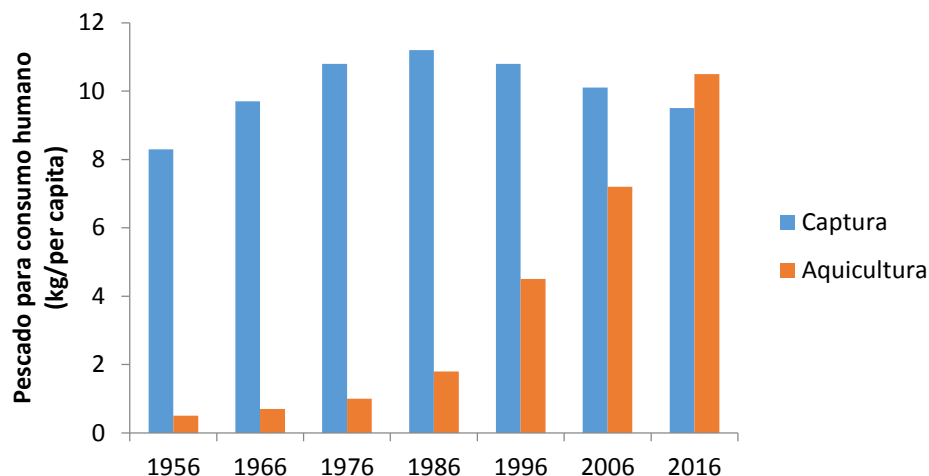
Paralelamente ao crescimento da produção aquícola, a porcentagem de pescado cultivado na dieta humana tem aumentado rapidamente e alcançou um marco em 2013, quando a contribuição da aquicultura à quantidade de pescado disponível para consumo

humano superou pela primeira vez a de pescado capturado. A porcentagem de produtos aquícolas no consumo total de pescados comestíveis alcançou 51% em 2015 e, segundo estimativas preliminares da FAO em 2018, 53% em 2016, em comparação com 6% em 1986, 14% em 1996 e 41% no ano de 2006 (FIGURA 01). O aumento da oferta de pescados por meio da aquicultura, estimulado por importantes avanços tecnológicos, é responsável por empregar diretamente 24 milhões de pessoas em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento (BUSH *et al.*, 2013).

O acelerado desenvolvimento global das tecnologias na aquicultura e nos mercados têm resultado em conflitos com as comunidades tradicionais e a gestão ambiental de governos de diversos países (BREMER *et al.*, 2016).

A autorregulação da indústria aquícola, se dá por meio de uma rede de autores que interagem entre diversas instituições públicas e privadas e é orientada por padrões estabelecidos pela indústria. Procedimentos como modelos de certificação, códigos de conduta, diretrizes e princípios, têm resultado em importantes mecanismos de governança para moldar o desenvolvimento sustentável da aquicultura, visando mitigar impactos sociais e ambientais, e criar novos mercados para os produtos aquícolas (CHUENPAGDEE *et al.*, 2008; HATANAKA *et al.*, 2005; STEAD, 2005).

Figura 01 – Contribuição relativa de pescado da aquicultura e da pesca de captura para o consumo humano.



Fonte (FAO,2018)

Em 2016, a produção mundial da aquicultura, incluindo plantas aquáticas, chegou a 110,2 milhões de toneladas, estimando-se um valor de primeira comercialização de US\$ 243.500 milhões. Esse valor, que foi calculado utilizando a última informação disponível

relativa a alguns dos principais países produtores, supera consideravelmente as estimativas precedentes. No geral, os dados da FAO (2018), que correspondem a volumes de produção são mais precisos e confiáveis do que os relativos à valor.

A produção total corresponde a 80,0 milhões de toneladas (TABELA 01) de pescado comestível (US\$ 231.600 milhões) e 30,1 milhões de toneladas de plantas aquáticas (US\$ 11.700 milhões), assim como 37.900 toneladas de produtos não alimentícios (US\$ 214,1 milhões). A produção de pescados comestíveis cultivados corresponde a 54,1 milhões de toneladas de peixes (US\$ 138.500 milhões), 17,1 milhões de toneladas de moluscos (US\$ 29.200 milhões), 7,9 milhões de toneladas de crustáceos (US\$ 57.100 milhões) (FIGURA 02) e 938.500 toneladas de outros animais aquáticos (US\$ 6.800 milhões) tais como tartarugas, pepinos do mar, ouriços, rãs e água-viva comestível. É importante ressaltar, que dentre os grandes grupos de pescados cultivados o grupo dos crustáceos aparece como o grupo com maior valor de comercialização, sendo responsável por mais de 20% da receita bruta dos pescados produzidos no mundo, tendo contribuído com menos de 10% da produção total. Entre as plantas cultivadas figuram majoritariamente as algas marinhas e um volume muito menor de microalgas. Os produtos não alimentares produzidos pela aquicultura compreendem unicamente as conchas ornamentais e as pérolas (FAO, 2018).

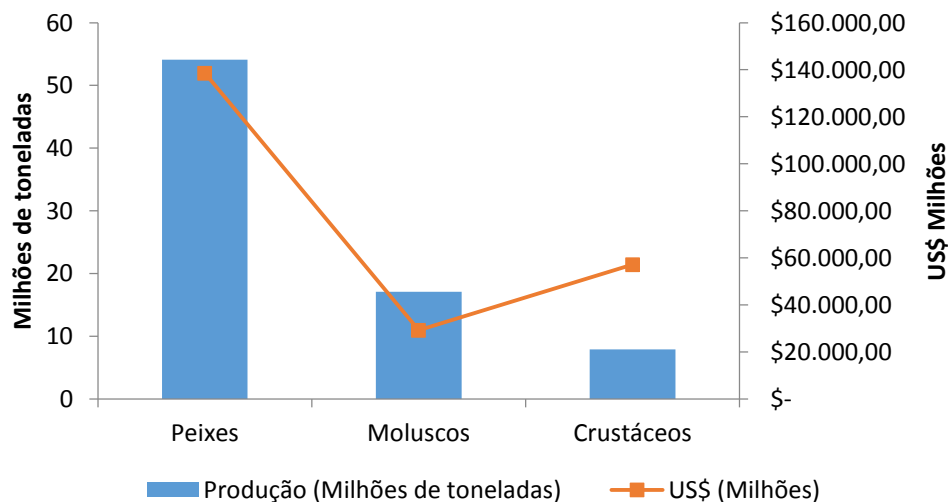
Dos 202 países e territórios que, de acordo com os registros da FAO (2018), estão atualmente envolvidos na produção aquícola, 109 foram produtores ativos nos últimos anos. O padrão irregular de distribuição de produção predominante entre países dentro da mesma região manteve-se acentuada e tem sido praticamente inalterada ao longo da última década, apesar das mudanças significativas serem registradas na produção absoluta.

Nas últimas décadas, segundo a FAO (2018), a Ásia representava cerca de 89% da produção mundial de aquicultura. Nesse mesmo período, a África e as Américas aumentaram suas respectivas proporções na produção mundial total, enquanto a da Europa e Oceania diminuíram ligeiramente. Vale destacar, que entre os anos de 2000 e 2016 o continente africano apresentou as maiores taxas de crescimento anual da produção aquícola, com uma taxa média de crescimento anual de 15,7% no período, a região foi a que mais tem crescido nos últimos anos.

Em seguida, as Américas (do Norte, Sul e Central) aumentaram em média 6,7% ao ano entre os anos de 2000 e 2016, logo atrás aparece o continente asiático com 5,3%, a Oceania com 4,1% e o continente europeu com 3,2% (FIGURA 03). Entre os principais países produtores, Bangladesh, Chile, Egito, Índia, Indonésia, Nigéria e Vietnã aumentaram sua produção regional ou mundial em proporções variadas na última década (FAO, 2018).

Segundo a FAO (2018), a produção mundial de pescados comestíveis cultivados se apoia cada vez mais na aquicultura continental, que geralmente é praticada em ambiente de água doce na maioria dos países. Os tanques escavados seguem sendo o tipo de instalação mais utilizado para a produção da aquicultura continental, embora os canais de criação, os tanques de concreto ou outros materiais e as gaiolas também sejam utilizados amplamente onde as condições locais permitem o uso. O cultivo consorciado entre peixes e arroz segue sendo importante em zonas em que essa prática é tradicional, porém segue expandindo com rapidez, sobretudo no continente asiático.

Figura 02 – Produção total e valores da aquicultura mundial em 2016.



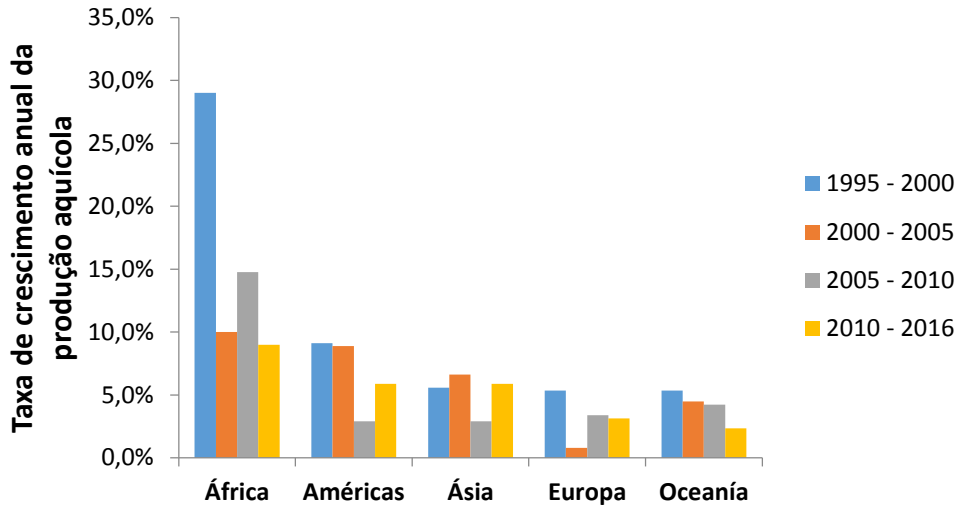
Fonte (FAO,2018)

O cultivo de peixes segue predominando na aquicultura continental e representa 92,5% (47,5 milhões de toneladas) do total da produção procedente deste tipo de aquicultura. No entanto, esta proporção registrou uma queda em relação aos 97,2% de participação no ano 2000, o que pode ser explicado pelo crescimento relativamente importante do cultivo outros grupos de espécies, em particular os crustáceos cultivados pela aquicultura continental na Ásia, que inclui camarões e caranguejos (FAO, 2002; FAO, 2018).

A produção na aquicultura continental compreende algumas espécies de camarões marinhos, como o camarão branco (*Penaeus vannamei*), que podem se desenvolver em água

doce ou em águas continentais salino-alcálinas depois de uma fase de aclimação (FAO, 2018).

Figura 03 – Taxa de crescimento anual da produção aquícola por continente.



Fonte (FAO,2018)

A promoção do desenvolvimento da aquicultura marinha, em escala global, é incentivada em diversas partes do mundo. Afirma-se que a maricultura proporciona grandes oportunidades e levanta desafios consideráveis, particularmente em relação à sustentabilidade ambiental da produção, bem como à qualidade e segurança dos produtos (HADIJIMICHAEL *et al.*, 2014).

Em escala global, é difícil diferenciar a produção da maricultura e da aquicultura costeira, sobre tudo por conta do agrupamento dos dados de produção obtidos de diversos países produtores importantes na Ásia oriental e sudeste, especialmente para as espécies de peixes que são cultivadas em gaiolas marinhas assim como em tanques costeiros. A maior parte da produção de peixes que são declarados no âmbito da aquicultura marinha e costeira na África, nas Américas, Europa e Oceania (TABELA 01) é obtida da maricultura (FAO, 2018).

Segundo os registros da FAO (2018), a produção de pescado procedente da maricultura e da aquicultura costeira foi de 28,7 milhões de toneladas (US\$ 67,4 bilhões) em 2016. Em notável contraste com a predominância dos peixes provenientes da aquicultura continental, os moluscos de concha constituem 58,8% (16,9 milhões de toneladas) da

produção combinada da aquicultura marinha e costeira. Os peixes (6,6 milhões de toneladas) e os crustáceos (4,8 milhões de toneladas) juntos representam 39,9% da produção total.

Tabela 01 – Produção aquícola dos principais grupos de espécies de pescado por continente, em 2016 (Milhões de toneladas, em peso vivo).

| Categoria | África | Américas | Ásia | Europa | Oceania | Mundo |
|---------------------------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| Aquicultura continental | | | | | | |
| Peixes | 1.954 | 1.072 | 43.983 | 502 | 5 | 47.516 |
| Crustáceos | - | 68 | 2.965 | - | - | 3.033 |
| Moluscos | - | - | 286 | - | - | 286 |
| Outros animais aquáticos | - | 1 | 532 | - | - | 531 |
| Subtotal | 1.954 | 1.140 | 47.765 | 502 | 5 | 51.367 |
| Aquicultura marinha e costeira | | | | | | |
| Peixes | 17 | 906 | 3.739 | 1.830 | 82 | 6.575 |
| Crustáceos | 5 | 727 | 4.091 | - | 6 | 4.829 |
| Moluscos | 6 | 574 | 15.550 | 613 | 112 | 16.853 |
| Outros animais aquáticos | - | - | 402 | - | 5 | 407 |
| Subtotal | 28 | 2.207 | 23.781 | 2.443 | 205 | 28.664 |
| Total da Aquicultura | | | | | | |
| Peixes | 1.971 | 1.978 | 47.722 | 2.332 | 87 | 54.091 |
| Crustáceos | 5 | 795 | 7.056 | - | 6 | 7.862 |
| Moluscos | 6 | 574 | 15.836 | 613 | 112 | 17.139 |
| Outros animais aquáticos | - | 1 | 934 | - | 5 | 938 |
| Total | 1.982 | 3.347 | 71.546 | 2.945 | 210 | 80.031 |

Fonte (FAO,2018).

O crescimento do cultivo de espécies de animais aquáticos alimentados tem superado a criação de animais não alimentados a nível global. A porcentagem de espécies não alimentadas no total da produção e animais aquáticos diminuiu de forma gradual entre 2000 e 2016, com um decréscimo de 10 pontos percentuais até atingir 30,5% da produção total em 2016 (FAO, 2018).

De acordo com a FAO (2018), Em termos absolutos, o volume de produção de espécies não alimentadas artificialmente segue crescendo, porém a um ritmo menor do que espécies alimentadas. Em 2016, a produção total de espécies através do cultivo sem alimentação aumentou para 24,4 milhões de toneladas, que consistiu em 8,8 milhões de toneladas de peixes que se alimentam por filtração e cultivados por meio da aquicultura continental, principalmente a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) e a carpa cabeça grande (*Hypophthalmichthys nobilis*), e 15,6 milhões de toneladas de invertebrados aquáticos,

majoritariamente moluscos bivalves marinhos cultivados em mares, lagunas e tanques costeiros.

Na América Latina, Ásia e Europa central e oriental, as carpas filtradoras se criam habitualmente em sistemas de policultivo com várias espécies, que potencializam a produção de pescado mediante a utilização de alimentos naturais e a melhora da qualidade da água no sistema de produção. Nos últimos anos, outra espécie de peixe que se alimenta através de filtração, o peixe espátula do Mississippi, tem aparecido em policultivos de alguns países, particularmente na China, de onde se estima que o volume de produção é de várias milhões de toneladas (FAO, 2018).

Em 2016, foram registrados na produção mundial 598 “grupos de espécies” que tenham sido cultivadas pelo menos uma vez no mundo. O termo “grupo de espécies” se refere a uma única espécie, um grupo de espécies (em que a identificação ao nível de espécie não é possível) ou um híbrido interespecífico. Os grupos identificados até o momento compreendem 369 tipos de peixes (incluindo cinco híbridos), 109 moluscos, 64 crustáceos, 7 anfíbios e répteis (excluindo jacarés e crocodilos), 9 invertebrados aquáticos e 40 algas marinhas (FAO, 2018).

Nestes números não são levados em consideração espécies conhecidas e desconhecidas pela FAO, que são obtidas a partir de experiências de pesquisa em aquicultura, que são cultivadas como alimento vivo em incubadoras ou são espécies aquáticas ornamentais produzidas em cativeiro. Nos últimos 10 anos, o número total de grupos de espécies cultivadas com fins comerciais que foram registrados pela FAO aumentou em 26,7%, passando de 472 em 2006 para 598 em 2016, o que corresponde a uma combinação dos resultados das investigações realizadas pela FAO e a melhora da apresentação dos dados por parte dos países produtores.

No entanto, a diversificação dos dados coletados pela FAO (2018), não progride no ritmo igual ao da diversificação das espécies na aquicultura. Numerosas espécies são registradas como únicas nas estatísticas oficiais de muitos países e são formadas na realidade por múltiplas espécies, e ocasionalmente, por híbridos. Embora a FAO tenha registrado apenas 5 híbridos de peixes produzidos comercialmente, esse número de peixes cultivados é muito maior.

Apesar da grande variedade de espécies cultivadas, o volume da produção aquícola mundial está dominado por um pequeno número de espécie ou grupo de espécies “básicas” nos planos nacional, regional e mundial. A criação de peixes, que constitui o setor mais diverso, se apoiava em 27 espécies e grupos de espécie que representaram mais de 90%

da produção total em 2016, enquanto as 20 mais produzidas representou 84,2% da produção total. Em comparação com os peixes, número de espécies de crustáceos, moluscos e outros animais cultivados é bem menor (FAO, 2018).

Muitos milhões de pessoas em todo o mundo encontram uma fonte de renda e de meio de vida na pesca e na aquicultura. A maioria das estatísticas oficiais (TABELA 02) indicam que 59,6 milhões de pessoas atuaram no setor primário da pesca de captura e da aquicultura em 2016: destes, 19,3 milhões na aquicultura e 40,3 milhões na pesca de captura.

O emprego total nestes setores mostrou uma tendência ascendente geral durante o período compreendido entre 1995 e 2010, seguida de uma estabilização. O incremento se viu influenciado de certa maneira pelas melhoras nos procedimentos de estimação das estatísticas aplicados. A proporção de pessoas que se dedicavam a pesca de captura diminuiu de 83% em 1990 para 68% no ano de 2016, enquanto que a das pessoas que se dedicavam a aquicultura aumentou em consequência de 17 para 32% (FAO, 2018).

Em 2016, segundo a FAO, (2018), 85% da população mundial empregada nos setores da pesca e da aquicultura se encontravam no continente asiático, seguida da África (10%) e América Latina e Caribe (4%). Mais de 19 milhões de pessoas (32% de todos os empregados nos dois setores) se dedicavam a aquicultura, concentradas principalmente na Ásia (96% de toda a participação na aquicultura), seguida da América Latina e do Caribe (2% do total, ou seja 3,8 milhões de pessoas) e da África (1,6% do total, 3 milhões de pessoas). Europa, América do Norte e Oceania registraram cada um menos de 1% da população mundial empregada nos setores da pesca e aquicultura.

As tendências do número de pessoas empregadas nos setores primários da pesca e da aquicultura variam em função da região. Europa e América do Norte têm experimentado as maiores reduções proporcionais do número de pessoas que participam em ambos os setores, especialmente na pesca de captura.

Pelo contrário, na África e na Ásia, com um crescimento demográfico maior e com populações ativas no setor agrícola em ascensão, tem se registrado uma tendência geralmente positiva do número de pessoas que se dedicam a pesca de captura e taxas de incremento cada vez maiores das pessoas que se dedicam a aquicultura. A região da América Latina e o Caribe se situam num ponto intermediário entre estas tendências: o crescimento demográfico e a população ativa no setor da agricultura têm decrescido nos últimos 10 anos, o emprego nos setores da pesca e aquicultura cresce de forma moderada e a produção aquícola sempre é bastante elevada (FAO, 2018).

No entanto, de acordo com a FAO (2018), a produção aquícola da região, que aumenta vigorosamente, poderia não dar lugar a um aumento igualmente elevado do número de aquicultores, já que vários dos organismos importantes produzidos na região se destinam a mercados estrangeiros muito competitivos. O incremento de sua produção requer, portanto concentrar-se na eficiência, na qualidade e na redução de custos e depende principalmente dos avanços tecnológicos do que efetivamente da mão-de-obra.

Tabela 02 – Pescadores e aquicultores empregados a nível mundial, por região (x 1.000).

| Região | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2016 |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Pesca | | | | | |
| África | 2.327 | 4.084 | 4.290 | 4.796 | 5.367 |
| Ásia | 23.534 | 27.435 | 29.296 | 31.430 | 31.990 |
| Europa | 474 | 676 | 614 | 560 | 354 |
| América Latina | 1.348 | 1.560 | 1.668 | 1.937 | 2.085 |
| América do Norte | 376 | 340 | 319 | 315 | 209 |
| Oceania | 117 | 121 | 117 | 119 | 334 |
| Total de pescadores | 28.176 | 34.216 | 36.304 | 39.157 | 40.339 |
| Aquicultura | | | | | |
| África | 65 | 91 | 140 | 231 | 304 |
| Ásia | 7.762 | 12.211 | 14.630 | 17.915 | 18.478 |
| Europa | 56 | 103 | 91 | 102 | 91 |
| América Latina | 155 | 214 | 239 | 248 | 381 |
| América do Norte | 6 | 6 | 10 | 9 | 9 |
| Oceania | 4 | 5 | 5 | 5 | 8 |
| Total de aquicultores | 8.048 | 12.630 | 15.115 | 18.510 | 19.271 |
| Total geral | 36.224 | 46.846 | 51.419 | 57.667 | 59.610 |

Fonte (FAO,2018).

O Brasil possui 13,8% das reservas hídricas de água doce do mundo, 8,5 milhões de hectares de reservatórios públicos e privados, 8.700 km de costa e 4,3 milhões de km² de área marítima. Os mais antigos registros de cultivo de peixes no País datam da invasão holandesa no Estado de Pernambuco, no século XVIII, quando os holandeses construíam viveiros para o cultivo de peixes marinhos nas zonas litorâneas, em um regime totalmente extensivo de produção (OSTRENSKY *et al.*, 2007).

Contudo, mesmo considerando todo o seu potencial e tradição secular nessa área, teve uma participação insignificante, notadamente quando se leva em conta que as aproximadamente 600 mil toneladas produzidas pelo País, em 2016, representaram somente 0,7% da produção mundial da aquicultura. Por outro lado, em comparação com o ano de

2014, a produção aquícola brasileira apresentou um crescimento anual médio de 3,4% (TABELA 03), resultado diferente do início da década de 2000, quando a evolução da produção aquícola mostrou-se com um padrão de estagnação (FAO, 2016; FAO, 2018).

Tabela 03 – Ranking dos principais produtores em aquicultura entre os anos de 2014 e 2016.

| País | Produção (em mil toneladas) | | Taxa de cresc. anual (%) |
|-----------------|-----------------------------|--------|--------------------------|
| | 2014 | 2016 | |
| China | 45.469 | 49.244 | 4,0 |
| Índia | 4.881 | 5.700 | 8,0 |
| Indonésia | 4.253 | 4.950 | 7,8 |
| Vietnã | 3.397 | 3.625 | 3,3 |
| Bangladesh | 1.956 | 2.204 | 6,1 |
| Egito | 1.137 | 1.371 | 9,8 |
| Noruega | 1.332 | 1.326 | -0,2 |
| Chile | 1.214 | 1.035 | -7,6 |
| Mianmar | 962 | 1.014 | 2,6 |
| Tailândia | 934 | 1.000 | 3,4 |
| Filipinas | 788 | 800 | 0,7 |
| Japão | 657 | 700 | 3,2 |
| Brasil | 561 | 600 | 3,4 |
| Coréia do Norte | 444 | 500 | 6,1 |

Fonte (FAO,2018).

Somando-se a produção aquícola brasileira aos números da pesca extrativa e do saldo da balança comercial de pescado, o brasileiro consumiu 1,9 milhão de toneladas, no ano de 2016, o que representa um consumo *per capita* de somente 9,5 kg. Consequentemente, esses números representam somente 46% do consumo *per capita* mundial que é de 20,3 kg, evidenciando que o mercado de pescado no Brasil ainda apresenta um enorme potencial de expansão (FAO, 2018).

No Brasil, a maior parte da produção aquícola é oriunda da piscicultura continental, que contribuiu com 507,1 mil toneladas o que representou 87,4% do pescado

cultivado em 2016, enquanto a participação da maricultura foi de 52,1 mil toneladas, representando somente 8,9% dos alimentos produzidos nesse mesmo ano (IBGE, 2016).

No ano de 2016, o *ranking* da produção de peixes por Região tem como destaque o Norte com uma produção de 149,7 mil toneladas, seguido do Sul com 125,4 mil toneladas e do Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste com 88,1, 79,9 e 63,8 mil toneladas, respectivamente (IBGE, 2016). Deve-se ressaltar que no ano de 2010, havia uma inversão nas duas primeiras posições desse *ranking*, com a região Sul ocupando a 1.^a posição e o Nordeste ocupando a 2.^a posição (MPA, 2012).

No ano de 2016, de acordo com a TABELA 04, a produção da piscicultura no Estado do Ceará foi de 17,3 mil toneladas, ocupando o 9.^o lugar no *ranking* nacional, sendo sua produção baseada em monocultivos super-intensivos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede. Sendo que, no período 2014-2016, a aquicultura no Estado do Ceará diminuiu a uma taxa de 30,8% ao ano. Do contrário, os estados de Rondônia, Paraná e São Paulo, aumentaram suas produções entre os anos de 2014 e 2016 a uma taxa de crescimento médio anual de 10, 15 e 32% respectivamente, ocupando as três primeiras posições do *ranking* nacional (IBGE, 2014; IBGE, 2016).

O perfil da aquicultura brasileira em termos de representatividade por espécie, tendo como referência os dados estatísticos publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao ano de 2016, evidencia que a produção aquícola nacional está baseada no cultivo de espécies exóticas. No ano de 2016, de acordo com a TABELA 05, a tilápia apresentou-se em 1.^o lugar no *ranking*, com uma produção de 239,1 mil toneladas e 47,1% do total produzido, seguindo-se do tambaqui com 136,9 mil toneladas e 27,0% do total produzido e do camarão marinho com 52,1 mil toneladas e 10,3% do total produzido (IBGE, 2016).

1.2 Carcinicultura Marinha

Os crustáceos representam um grupo de invertebrados constituídos por mais de 42.000 espécies sendo predominantemente aquática. Este grupo inclui uma variedade de organismos utilizados para alimentação humana e de alto valor comercial, tais como camarões, lagostas, lagostins, caranguejos e siris (HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004).

Tabela 04 – Ranking nacional dos dez principais estados produtores em piscicultura, nos anos de 2014 e 2016.

| Estado | Produção (em toneladas) | | Taxa de crescimento |
|----------------|-------------------------|--------|---------------------|
| | 2014 | 2016 | anual (%) |
| Rondônia | 75.023 | 90.636 | 9,9 |
| Paraná | 57.340 | 76.064 | 15,1 |
| São Paulo | 27.441 | 48.346 | 32,7 |
| Mato Grosso | 60.946 | 40.411 | -18,5 |
| Santa Catarina | 31.602 | 34.706 | 4,8 |
| Minas Gerais | 16.530 | 32.804 | 40,9 |
| Maranhão | 17.717 | 24.426 | 17,4 |
| Amazonas | 22.527 | 21.079 | -3,4 |
| Ceará | 36.291 | 17.371 | 30,8 |
| Goiás | 21.619 | 15.471 | 15,5 |

Fonte: IBGE, (2016).

Os camarões peneídeos estão distribuídos em 12 gêneros, num total de 110 espécies, sendo considerados os camarões marinhos mais importantes do ponto de vista comercial (FLEGEL, 2007). As espécies de camarões peneídeos apresentam uma ampla distribuição geográfica, sendo encontradas nos oceanos Atlântico, Índico, Pacífico e Mediterrâneo. No Brasil, quatro espécies de camarões peneídeos são encontradas (*Penaeus schmitti*, *P. subtilis*, *P. paulensis* e *P. brasiliensis*) (GUSMÃO, 2001).

A carcinicultura marinha, definida como o cultivo de camarão marinho em cativeiro, teve origem na Indonésia, quando os pescadores artesanais que realizavam cultivos extensivos, com o uso de pequenos viveiros que possibilitavam o aprisionamento de pós-larvas de camarão que cresciam em condições naturais, sobre a influência do regime de marés, mantendo-se por séculos como atividade de subsistência (DEB, 1998; MUANGKEOW *et al.*, 2007).

Posteriormente, diante da possibilidade da exploração comercial da carcinicultura, vários países passaram a investir em pesquisas relacionadas com a adaptação de espécies nativas ao cultivo semi-intensivo para fins comerciais, especialmente Japão e China, que fizeram a adaptação de diversas espécies de camarão marinho ao cativeiro, com enfoque para o camarão do Japão, *Penaeus japonicus*, camarão chinês, *P. chinensis*, e o camarão tigre, *P. monodom* (AHMED *et al.*, 2008).

Tabela 05 – Principais espécies cultivadas no Brasil, nos anos de 2014 e 2016.

| Espécie | Produção (x 1.000 toneladas) | | Taxa de crescimento |
|----------|------------------------------|-------|---------------------|
| | 2014 | 2016 | anual (%) |
| Tilápia | 198,6 | 239,1 | 9,7 |
| Tambaqui | 139,2 | 136,9 | -0,8 |
| Camarão | 65,0 | 52,1 | -10,4 |
| Tambacu | 40,2 | 44,9 | 5,7 |
| Mexilhão | 22,1 | 20,9 | -2,7 |
| Carpa | 20,8 | 20,3 | -1,2 |
| Pintado | 20,4 | 15,9 | -11,7 |
| Pacu | 14,5 | 13,0 | -8,4 |
| Matrinxã | 10,7 | 8,7 | -9,8 |
| Pirarucu | 11,7 | 8,6 | -14,2 |

Fonte: IBGE (2014; 2016)

A intensificação do processo produtivo nas fazendas de camarão se deu a partir da década de 1980, em Taiwan (BIAO & KAIJIN, 2007). Fatores como: a expansão das áreas de cultivo, mesmo em situações de baixa produtividade, como no caso do Equador; são responsáveis pelo crescimento da indústria. Pelo fato da variação da densidade de estocagem e da produtividade resultante de um cultivo, a carcinicultura marinha é dividida em três sistemas de produção: extensivo, semi-intensivo e intensivo (CSAVAS, 1994).

A carcinicultura se expandiu principalmente pelo aperfeiçoamento dos processos produtivos, que aconteceram de forma dinâmica nos diversos países produtores, como resultado das inovações tecnológicas e gerenciais. Este avanço está ligado ao melhoramento genético, engenharia dos projetos, desenvolvimento nutricional, biossegurança, novos insumos e equipamentos (BRIGGS *et al.*, 2005; BRIGGS, 2009).

Em comparação com outras espécies comerciais (*P. monodon*, *P. chinensis* e *P. merguensis*), o camarão do Pacífico, *P. vannamei*, possui uma alta taxa de crescimento, aceita altas densidades de estocagem (até 400 indivíduos/m²) permitindo se alcançar altos níveis de produtividade, tolera uma ampla faixa de salinidade (0,5 até 45 ppt) contribuindo com a diversificação das áreas de cultivo, requer baixo nível de proteína nas dietas (20-35%)

e pode ser comercializado a partir dos 5-6 g de peso médio o que facilita a sua comercialização (BRIGGS *et al.*, 2005). Esta espécie encontra-se distribuída na costa do Pacífico, desde o Norte do Peru até o Golfo da Califórnia, no México, em águas cuja temperatura está sempre acima de 20 °C, durante o ano inteiro (WYBAN; SWEENEY, 1991).

De acordo com a TABELA 6, no *ranking* de produção de crustáceos por espécie, o camarão branco do Pacífico, *P. vannamei*, se posicionou em 1.º lugar, alcançando uma produção de 4,5 milhões de toneladas correspondendo a 53% da produção total de crustáceos, seguido pelo lagostim vermelho *Procambarus clarkii* com 0,9 milhões de toneladas representado 12% da produção total de crustáceos. O *P. monodon* que perdeu importância nesta última década se posicionou em 2.º lugar, com uma produção de 0,7 milhões de toneladas participando apenas com 9% da produção total (FAO, 2018).

Nas últimas décadas, a indústria de cultivo de camarões peneídeos tem se desenvolvido no mundo inteiro, gerando centenas de milhares de empregos, bilhões de dólares em receitas e se credenciando a ser a principal fonte desse alimento de alto valor comercial (LIGHTNER; REDMAN, 1998). Dentre as principais espécies cultivadas, pode-se destacar o *P. vannamei*, *P. monodon*, *P. chinensis* e *P. merguensis* respondendo pela quase totalidade da produção mundial (FAO, 2012).

Tabela 06 – Principais espécies de crustáceos cultivadas no mundo, nos anos de 2014 e 2016.

| Espécie | Produção (em toneladas) | | Taxa de crescimento anual (%) |
|--|-------------------------|-------|-------------------------------|
| | 2014 | 2016 | |
| Camarão branco <i>P. vannamei</i> | 3.697 | 4.156 | 6,0 |
| Lagostim vermelho <i>Procambarus clarkii</i> | 721 | 920 | 12,9 |
| Caranguejo de Shangai <i>Eriocheir sinensis</i> | 797 | 812 | 0,9 |
| Camarão tigre <i>P. monodon</i> | 705 | 701 | -0,2 |
| Camarão nipón <i>Macrobrachium nipponense</i> | 258 | 273 | 2,8 |

Fonte (FAO, 2018)

O *P. vannamei* é a principal espécie de camarão marinho cultivada no Brasil, representando praticamente 100% da produção oriunda da carcinicultura marinha, tendo sido introduzido a partir de meados da década de 1980, proveniente do México, El Salvador, Panamá, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela (MOLES & BUNGE, 2002). Esta espécie encontra-se distribuída na costa do Pacífico, desde o Norte do Peru até o Golfo da Califórnia, no México, em águas cuja temperatura está sempre acima de 20 °C, durante o ano inteiro (WYBAN; SWEENEY, 1991).

No mundo, o camarão cultivado é a maior agroindústria aquática em países localizados em regiões tropicais e subtropicais (TACON; FORSTER, 2001; ISLAM *et al.*, 2004). No comércio internacional, o mais importante produto da aquicultura é o camarão marinho e o seu cultivo tem sido a fonte mais eficaz para incrementar o comércio deste produto durante as últimas décadas, sendo que esta *commodity* representou 15% do valor total dos produtos pesqueiros comercializados internacionalmente no ano de 2010 (WORLD SHRIMP FARMING, 1995; FAO, 2012).

O rápido desenvolvimento do cultivo de camarões em muitos países é um fenômeno das últimas três décadas como um resultado da transformação industrial e intensificação dos padrões de produção (NEILAND *et al.*, 2001; LEBEL *et al.*, 2002). Essa indústria multimilionária desempenha uma função importante no desenvolvimento econômico de muitos países tropicais e subtropicais devido aos altos retornos econômicos (VANDERGEEST, 2007; ISLAM, 2008).

A indústria de camarão cultivado tem contribuído com a promoção em termos de possibilidade da diversificação da economia, especialmente com a entrada de divisas provenientes das exportações, transferência de tecnologia e incremento do emprego rural, especialmente nos países em desenvolvimento (BAILEY, 1988; NEILAND *et al.*, 2001; ISLAM; BRADEN, 2006; VANDERGEEST, 2007; ISLAM, 2008; PONCE-PALAFIX *et al.*, 2011; DOTE-SÁ *et al.*, 2013).

Em 2014, foram produzidas 4,7 milhões de toneladas de camarões cultivados. No *ranking* de produção de camarões cultivados por País, a China se posicionou em 1.º lugar, com uma produção de mais de 1,4 milhão de toneladas, no ano de 2014 (TABELA 7). Nesse *ranking*, o Brasil ocupa a 9.ª posição, apresentando um padrão de estagnação nos níveis de produção, considerando o período 2010-2012 (ANDERSON; VALDERRAMA; JORY, 2017; FAO, 2014).

Nas últimas décadas, a indústria de cultivo de camarões peneídeos tem se desenvolvido no mundo inteiro, gerando centenas de milhares de empregos, bilhões de dólares em receitas (FAO, 2014).

No Brasil, o cultivo de camarão em sistemas semi-intensivos e intensivos teve início na década de 1980 com a introdução e cultivo do camarão do Pacífico, *P. vannamei*, sendo a região Nordeste responsável por 97% da produção nacional de camarão cultivado (MOLES; BUNGE, 2002).

Tabela 07 - Produção e taxa de crescimento nos anos de 2012 e 2014 para os dez principais países produtores de camarão cultivado.

| País | Produção (em toneladas) | | Taxa de crescimento |
|------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| | 2012 | 2014 | anual (%) |
| China | 1.395.000 | 1.450.000 | 1,9 |
| Vietnã | 480.000 | 650.000 | 16,3 |
| Indonésia | 370.000 | 640.000 | 31,5 |
| Índia | 240.000 | 400.000 | 29,1 |
| Equador | 280.000 | 320.000 | 6,9 |
| Tailândia | 600.000 | 200.000 | -42,2 |
| México | 100.000 | 86.000 | -7,2 |
| Bangladesh | 55.000 | 80.000 | 20,6 |
| Brasil | 75.000 | 65.000 | -6,9 |
| Filipinas | 55.000 | 58.000 | 2,7 |

Fonte: Anderson, Valderrama e Jory, (2017); FAO (2014).

A produção brasileira de camarões cultivados incrementou de 25.000 toneladas, em 2000, para 60.000 toneladas, em 2002, fato ocorrido pelo aumento dos preços no mercado interno (ROCHA; RODRIGUES; AMORIM, 2004). Em 2003, a produção de camarão cultivado atingiu um volume de 90.000 toneladas, tendo declinado para 75.000 toneladas, em 2004, mesmo com uma expansão das áreas de cultivo de 14.800 ha em 2003 para 16.500 ha em 2004 (RODRIGUES, 2005).

Esse declínio de produção deveu-se, principalmente, a ocorrência de uma enfermidade causada pelo IMNV (infectious myonecrosis vírus – vírus da mionecrose

infeciosa), provocando danos à indústria desde 2003 (LIGHTNER *et al.*, 2004, POULOS *et al.*, 2006; ANDRADE *et al.*, 2007), e de maneira menos impactante a ação “anti-dumping” movida pela aliança norte-americana de pescadores e a política cambial brasileira nos últimos anos (ABREU *et al.*, 2011).

Esses fatores afetaram negativamente a indústria do camarão cultivado nacional em relação à sua competitividade em um mercado globalizado, causando danos a rentabilidade do negócio (NATORI *et al.*, 2011). Como consequência, nos últimos dez anos, a carcinicultura brasileira redirecionou suas vendas, reduzindo sua participação no comércio exterior e aumentando gradativamente as vendas no comércio interno (ROCHA, 2011).

Dessa forma, o mercado de camarões no Brasil passou por transformações que iniciaram com a redução gradativa das exportações e incremento das vendas no mercado interno, devido à popularização do camarão cultivado no varejo e nos serviços de alimentação, como os restaurantes, bares e hotéis do país (NATORI *et al.*, 2011; ROCHA, 2011).

O bom desempenho comercial em relação ao mercado interno, motivou novamente os empresários que voltaram a investir em expansão da área de cultivo e no aumento da produtividade (ABREU *et al.*, 2011; ROCHA, 2011; DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA; BORBA; MOURA, 2013; ROCHA *et al.*, 2015).

O Brasil é o terceiro maior produtor do camarão do Pacífico, *P. vannamei*, da América latina. A produção brasileira foi estimada em 75.000 toneladas em uma área de produção de 25.000 hectares, gerando uma receita estimada em U\$ 280 milhões em 2012 (FAO, 2014; NUNES; ROCHA, 2015).

1.3 Efeito do tratamento magnético na água

O ceticismo em relação aos tratamentos magnéticos tem sido focado na ausência de repetição dos fenômenos observados, assim como na ausência de um mecanismo geral aceito que explique estes fatos. Além da escassez de trabalhos científicos, os poucos relatos não são unânimes, apresentam divergências e não há um embasamento conceitual ou qualquer explicação para tais efeitos (NETO *et al.*, 2012).

O tratamento magnético da água é um recurso no qual a água passa através de um campo magnético, alterando algumas de suas propriedades físico-químicas, como as interações entre água e sólido, induzindo a adsorção ou dessorção da água nas superfícies sólidas. Este tratamento, utilizado para finalidades diversas, foi patenteado primeiramente por

Vermeiren, em 1945, na Bélgica, sendo este pesquisador reconhecido como o descobridor do fato de que campos magnéticos afetam as propriedades da água (PORTO, 1998).

Recentemente, foi descoberto que o efeito magnético na água só existe na presença de oxigênio (OTSUKA; OZEKI, 2006). Embora o mecanismo ainda seja desconhecido, os autores consideram que a água aerada condicionada magneticamente se constitua em um novo tipo de solvente, limpo, seguro e com propriedades diferenciadas que devem ser exploradas em processos industriais e agrícolas.

Dessa forma, destaca-se o condicionamento magnético da água. Essa forma de tratamento surgiu em meados da década de 30, como método alternativo para o tratamento da água em sistemas de troca térmica. Diversos trabalhos demonstram que o campo magnético produz efeitos em soluções que contenham o íon cálcio, promovendo a alteração da cinética de cristalização deste íon mineral, cristalizando-o predominantemente na forma de aragonita HIGASHITANI *et al.*, 1993; PARSONS *et al.*, 1997; OSHITANI *et al.*, 1998; BAKER, 1996; COEY, 2000; BARRET; PARSONS, 1998; CHIBOWSKI *et al.*, 2003). Assim, o campo magnético, instalado no sistema hidráulico de sistema de troca térmica, pode reduzir e/ou eliminar incrustações de calcita, aumentando a longevidade destes equipamentos e evitando a deterioração precoce destes sistemas hidráulicos.

Os efeitos do campo magnético estendem-se a diversas áreas e também podem ser observados nas interações da água com sólidos. Segundo Ozeki *et al.* (1996), campos magnéticos estáticos podem alterar as interações água-sólido e induzir a adsorção ou dessorção da água nas superfícies sólidas. Já é bem conhecido que a água de hidratação ou adsorvida, tem estrutura e propriedades (estáticas e dinâmicas), diferentes da água livre. A adsorção e dessorção da água foi testada em campos magnéticos relativamente baixos ($H < 10$ kOe), a uma temperatura de 303 K e em várias superfícies sólidas (γ -FeOOH, δ -FeOOH, α -Fe₂O₃, Fe₃O₄, SiO₂, zeólitos, crisotilas, montmorilonita, TiO₂, fibra de carbono ativada e DNA).

Nenhuma água da primeira camada de superfícies hidrofílicas, que possui interações relativamente fortes com a superfície, é afetada pelos campos magnéticos estáticos em questão. Interações fracas da água com superfícies hidrofóbicas e água em multicamadas respondem ao campo magnético. As águas contidas em poros também respondem ao campo, mas a indução do campo magnético na adsorção ou dessorção parece diminuir a medida que o tamanho dos microporos aumenta (OZEKI *et al.*, 1996).

A quantidade de água adsorvida nas diferentes superfícies sofre alterações que dependem da intensidade do campo e da superfície propriamente dita. O campo magnético

parece afetar a adsorção quando a energia magnética adquirida através do campo magnético externo é suficientemente grande para ultrapassar as interações e ligações de hidrogênio que constituem a estrutura da água (OZEKI *et al.*, 1996).

Lazarenko e Zhuravlev (1985), reportaram que a água tratada com campo magnético, utilizada na preparação de concreto, melhora a qualidade do mesmo, incluindo força, densidade e resistência ao impacto. A porosidade do concreto e a absorção de água são menores, levando a uma diminuição no tempo de solidificação e a uma maior dureza do material.

Ueno e Iwasaka, (1994), realizaram um estudo do comportamento hidrodinâmico da água observando a partição física da água em campos magnéticos de 8T, gerados a partir de ímãs super-condutores horizontais. Eles observaram que a água destilada preenchendo a metade do volume de um recipiente pequeno, se divide em duas partes expondo o fundo do recipiente na parte central quando submetida ao campo.

Os níveis de água nas laterais sobem, formando paredes de água. As paredes de água também são formadas nas temperaturas de transição da água (0°C e 100°C). Este comportamento também foi observado em uma solução isotônica de cloreto de sódio - NaCl (0.9%) - e em várias outras soluções de NaCl em diferentes concentrações (UENO; IWASKA, 1994).

Neste caso, as mudanças absolutas na altura da superfície das soluções, no centro do recipiente, diminuem com o aumento da concentração de NaCl na solução. Uma variação do experimento mostrou o efeito do campo na velocidade do fluxo de água destilada, o qual diminui com o aumento da intensidade do campo, chegando mesmo a parar o fluxo a um campo de 8T. Este efeito é ainda maior na velocidade do fluxo da água quando borbulhada com oxigênio gasoso (observação do comportamento de moléculas paramagnéticas submetidas ao mesmo processo), onde a interrupção do fluxo ocorre a 6T (UENO; IWASKA, 1994).

Vários efeitos do tratamento magnético da água foram observados, tais como: aumento da temperatura de saturação do sulfato de zinco (FREITAS *et al.*, 1999), redução da precipitação de parafina do petróleo em oleodutos, aumento da espessura da camada de hidratação (HIGASHITANI *et al.*, 1995; PARSONS *et al.*, 1997), aumento do conteúdo e redistribuição do oxigênio dissolvido na água (KRZEMIENIEWSKI *et al.*, 2004) e alteração do pH no campo magnético em solução de carbonato de cálcio (BUSCH *et al.*, 1986; GABRIELLI *et al.*, 2001; CHIBOWSKI *et al.*, 2003).

Na agronomia, vários estudos foram realizados, utilizando-se água previamente tratada em campos magnéticos para irrigação e nutrição de animais, sendo relatado o aumento de produtividade no cultivo de plantas frutíferas, galinhas poedeiras e gado leiteiro e de corte, assim como no cultivo de leveduras, sendo que neste último caso, o efeito benéfico depende do tempo de exposição e da intensidade do campo magnético (LIN; YOTVAT, 1990; GOLDSWORTHY *et. al.*, 1999).

Dos estudos realizados com água previamente tratada em campos magnéticos para irrigação e nutrição de animais, alguns merecem destaque. Lin e Yotvat (1990), relataram surpreendentes resultados obtidos em algumas fazendas em Israel, com diversos animais - gado, cabra, ovelhas, galinhas, gansos e perus - e plantio de vegetais e frutas. Em geral, os animais tratados com água submetida a um campo magnético apresentam uma melhora nas condições gerais e um aumento em sua produtividade específica. Um grupo de bezerros tratados com água submetida ao campo magnético teve um aumento de 12% no crescimento em relação ao grupo de controle.

Um outro grupo de bezerros machos além do ganho de peso, continha 30 a 40 Kg a menos de gordura em suas carnes após 10 a 12 meses, em relação ao grupo de controle. Os gansos tratados tiveram um maior aumento de peso diário em relação aos não tratados com a água submetida ao campo magnético. As ovelhas apresentaram aumentos consideráveis na produção de leite, carne e lã. As frutas, de um modo geral, tiveram um aumento no tamanho e no teor de açúcar quando irrigadas com água tratada magneticamente. Devido aos excelentes resultados obtidos, o autor cita que até o momento em questão (1990), já existiam mais de 270 unidades de tratamento magnético de água operando nas fazendas locais (LIN; YOTVAT, 1990).

Estudos realizados com crescimento de melões, mostram que o tamanho, o número de frutas e o conteúdo de açúcar nos melões irrigados com água tratada magneticamente foram significativamente maiores do que aqueles irrigados com água normal (sem tratamento magnético). Outros estudos também demonstraram que nutrindo bezerros machos com água tratada magneticamente resulta em carnes com menos gordura e maior retenção de nitrogênio. Os testes foram realizados em 7 grupos diferentes de bezerros com resultados bastante significativos (HARARI; LIN, 1989; LEVY *et al.*, 1990).

1.4 Aplicações do tratamento magnético na aquicultura

Organismos são constantemente expostos aos campos magnéticos ambientais (ESITKEN & TURAN, 2004). Recentemente, a tecnologia do magnetismo tem sido aplicada gradualmente na aquicultura para aumentar o crescimento, velocidade de reprodução, a redução da mortalidade em processos de ecdise, incrementando a imunidade e produção de larvas.

Um campo magnético constante é caracterizado por três tipos de força magnética. Biomoléculas orientam o seu movimento com o campo quando o organismo está em um campo magnético de força razoável. O campo magnético também pode ter um efeito sobre os canais permeáveis a íons e a transdução de sinais da membrana mediada. Além disso, algumas proteínas, como as enzimas que contêm íons de metal exibem paramagnetismo. Uma vez que estes íons estão no centro da atividade de enzimática, resultam em afetar a velocidade das reações bioquímicas e, assim, a taxa de crescimento (DHAWI *et al.*, 2009).

Resultados promissores sobre o uso de equipamentos magnéticos na aquicultura são raros. O uso de um campo magnético de 4.500 Gauss em uma larvicultura do camarão do Pacífico, *P. vannamei*, possibilitou um incremento na taxa de sobrevivência e uniformidade do lote das larvas cultivadas em água magnetizada (MANSO, 2006). Cistos de artêmia expostos a um campo magnético de 250 Gauss por 10 minutos tiveram uma taxa de eclosão superior ao tratamento controle (SHCKORBATOV *et al.*, 2010). O emprego de campo magnético em cultivos de juvenis de pepino do mar, *Apostichopus japonicus*, possibilitou um incremento no ganho de peso, atividade enzimática e sistema imune quando os indivíduos foram expostos por até 1 hora em um campo magnético de 3.000 ou 4.000 Gauss (TANG *et al.*, 2015).

Um estudo recente sobre os efeitos de um campo magnético contínuo foi realizado em híbridos de tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*) em sistema de recirculação, apesar da sobrevivência não ter sido afetada, o ganho de peso, a taxa de crescimento e o fator de conversão alimentar aumentaram continuamente à medida que a intensidade da água magnetizada aumentava de 0,0 para 0,15 T (Tesla). Além disso, o estudo demonstrou que alguns parâmetros bioquímicos corporais dos animais foram afetados, como por exemplo o teor de glicose na corrente sanguínea e o teor de aspartato aminotransferase (AST) (HASSAM *et al.*, 2018).

2 JUSTIFICATIVA

O termo “tecnologia disruptiva” foi criado para descrever “novas tecnologias que ainda precisam de aperfeiçoamento. Conhecidas somente por um limitado grupo de pessoas, que geralmente possuem algum problema quanto ao desempenho relacionado à novas práticas ou que podem ainda não ter uma aplicação prática” (CHRISTENSEN, 1997). A ruptura pode levar a uma drástica modificação ou destruição das coisas existentes ou elementos da sociedade.

As tecnologias disruptivas, portanto, têm o potencial de mudar a forma como as pessoas trabalham, fazem negócios e participam da economia global. Embora a inovação ou o avanço progressivo exijam a melhoria das tecnologias e processos existentes, as tecnologias disruptivas oferecem novas maneiras de atingir objetivos. Computadores pessoais, smartphones e luzes de diodos emissores de luz (LED) são exemplos recentes de tecnologias que romperam paradigmas quando foram introduzidas pela primeira vez (FAO, 2018).

No setor da pesca e da aquicultura, as tecnologias disruptivas podem alterar a atividade pesqueira, oferecendo aos pescadores mais informações para tornar a pesca mais segura (por exemplo, previsões meteorológicas), mais precisão (posicionamento por satélite) e mais previsível (FAO, 2018).

As tecnologias emergentes para coletar e armazenar informações com segurança podem melhorar a conformidade com a regulamentação e a rastreabilidade, levando a melhorias significativas na sustentabilidade e no gerenciamento de informações dos recursos pesqueiros (FAO, 2018).

De acordo com a FAO (2018), dentre as novas tecnologias disruptivas que fazem parte da realidade do setor da pesca e da aquicultura, podemos destacar o acesso à internet móvel (por exemplo para fornecer preços de pescado ao mercado em tempo real), robótica avançada (por exemplo, para a filetagem automatizada de peixes na indústria) e a interconexão entre sistemas avançados, dispositivos e sensores (como por exemplo a marcação eletrônica de peixes).

A FAO (2018), incentiva a inovação e a adoção de novas tecnologias, incluindo tecnologias disruptivas. Esta pode fornecer novas formas de fazer negócios no campo da pesca e da aquicultura, para que os recursos se tornem mais sustentáveis e com o uso mais eficiente de energia, criando novas oportunidades de trabalho, incluindo oportunidades para mulheres e jovens. As novas tecnologias estão se tornando cada vez mais acessíveis e prometem mudar o comportamento e a economia, mesmo para produtores de pequena escala.

O uso de tecnologias disruptivas no setor da pesca e da aquicultura pode não ser generalizada agora, porém ao se analisar num horizonte dos próximos anos no setor, é possível destacar pelo menos três novas tecnologias que até então eram pouco conhecidas na indústria pesqueira: cadeias de blocos, sensores e sistemas de identificação automática. Isso demonstra o potencial das tecnologias disruptivas para mudar os processos, a rentabilidade e a sustentabilidade do setor (FAO, 2018).

Com origem no latim – *aqua* – a água é o componente que aparece em maior abundância na superfície terrestre. Forma os oceanos, os rios e as chuvas, além de ser parte integrante de todos os organismos vivos. A água é uma substância cujas moléculas são compostas por um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio. Esta ligação é muito forte e mantém a molécula da água extremamente estável (TAIZ; ZEIGER, 1998).

Como consequência do caráter dipolar da água, é capaz de atrair íons tanto positivos como negativos, formar pontes de hidrogênio, interagindo com proteínas e polissacarídeos de paredes celulares (KRAMER; BOYER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 1998). Por outro lado, o efeito do condicionamento magnético da água e de como este atua nas interações das moléculas de água com íons positivos ou negativos, moléculas biologicamente ativas e organismos aquáticos é algo pouco estudado.

Conceitualmente, a aquicultura é o processo de cultivo em ambientes aquáticos de organismos com hábitat predominantemente aquático (RANA, 1997). Nesse sentido, tendo em vista o enorme conteúdo de água nos organismos aquáticos e por estes habitarem os ambientes aquáticos, quaisquer alterações nos processos físico-químicos podem surtir em algum efeito no âmbito biológico.

Nos últimos anos, a carcinicultura marinha no Brasil tem apresentado diversos problemas zootécnicos e sanitários tanto em larviculturas como em fazendas comerciais de *P. vannamei*. Portanto, o presente projeto visou aportar uma nova tecnologia que possibilite uma melhoria na qualidade da água durante as fases iniciais de cultivo dessa espécie, que pode contribuir com o desenvolvimento de larvas mais resistentes e uniformes, que são características altamente desejáveis no cultivo do *P. vannamei*.

Por conta do reduzido número de trabalhos científicos sobre os efeitos da água magnetizada na aquicultura, a presente pesquisa tem uma relevância notória, onde o uso da água tratada magneticamente na aquicultura surge da possibilidade do desenvolvimento de uma tecnologia que propicie ganhos de produtividade. Além do mais, os equipamentos utilizados não requerem nenhum tipo de operação, manutenção direta ou indireta, ou alteração da estrutura física ou processo operacional, seja do setor de larvicultura ou em cultivos

comerciais, e não representa nenhum aumento no custo operacional no processo de cultivo do camarão marinho. Não requer mão-de-obra especializada, qualquer tipo de energia, contratos de manutenção de qualquer espécie, ou fornecimento adicional de produtos.

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

3 OBJETIVOS

O presente projeto teve como objetivo principal proceder a avaliação do efeito do tratamento magnético da água nas diversas fases de cultivo de *Penaeus vannamei*, em caráter comercial.

3.1 Objetivos específicos

Avaliar o efeito do tratamento magnético da água de larvicultura de *P. vannamei*, sobre os parâmetros reprodutivos (número de ovos e náuplios produzidos) no setor de maturação.

Verificar a influência da água tratada magneticamente sobre a sobrevivência, peso médio das pós larvas produzidas e a produtividade na larvicultura do camarão marinho.

Apresentar o efeito do tratamento magnético da água durante a fase de berçário secundário sobre os parâmetros zootécnicos do camarão cultivado.

Avaliar o desempenho zootécnico em viveiros comerciais de pós-larvas submetidas ao tratamento magnético da água durante a fase de berçário e durante o cultivo em uma fazenda de produção de camarões marinhos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O presente estudo foi desenvolvido nas empresas CELM Ltda, localizada em Aracati-CE, na empresa Santorini Aquicultura Ltda. no município de Fortim – Ce e na empresa Monólitos Aquicultura Ltda., localizada no município de Banabuiú-Ce

4.1.1 CELM Aquicultura Ltda.

O laboratório de produção de pós-larvas da empresa CELM Aquicultura Ltda. (FIGURA 04) é localizado na BR 304. Km 34 na Praia de Lagoa do Mato. Possui capacidade de produção de 200 milhões de pós-larvas/mês. O laboratório foi projetado com todos os setores necessários à obtenção de pós-larvas: maturação, alimento vivo e larvicultura onde o cultivo é bifásico.

O laboratório realiza a captação direta da água do mar, através de um sistema de tubulação localizado numa zona situada a 6,0 m de profundidade no litoral. O bombeamento de água é realizado somente nos períodos de preamar, afim de garantir uma menor flutuação dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

Figura 04 – Vista aérea do laboratório da empresa CELM Aquicultura Ltda, localizado na praia de Lagoa do Mato, município de Aracati - CE.



Fonte: Google Earth (2018), adaptado.

4.1.2 Santorini Aquicultura Ltda.

A empresa é situada nas proximidades da CE – 040, na altura do km 100, no município de Fortim – Ce. A fazenda possui uma área de produção 18 ha, distribuída num total de 6 viveiros. As estruturas utilizadas para os experimentos foram 2 berçários secundários (raceways) de 750 m³ de volume, os tanques são revestidos com uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de 0,8 mm e são cobertos com um filme transparente de 150 micras, sobre uma estrutura de aço galvanizado.

4.1.3 Monólitos Aquicultura Ltda.

A unidade de produção de camarões marinhos da empresa Monólitos Aquicultura fica situada no município de Banabuiú – Ce, nas proximidades do distrito de Barra do Sitiá, a 25 km a nordeste da sede do município e a 260 km da capital Fortaleza. A fazenda possui uma área de produção de aproximadamente 15,4 ha distribuídos em 17 viveiros (15 viveiros de 1,0 ha de área, mais 2 de 2.000 m²).

Mesmo situada às margens do rio Banabuiú, a captação de água é realizada através de 8 poços tubulares com vazões variando entre 40 e 50 m³/h. A fazenda possui canais de abastecimento e drenagem, e possui sistema de recirculação total da água de cultivo. Operando em sistema intensivo de cultivo, a fazenda utiliza uma proporção de 16 HP/ha de aeração, para manter as taxas de oxigênio dissolvido da água em níveis satisfatórios.

4.2 Exemplares de *Penaeus vannamei*

Reprodutores, larvas, no estágio de náuplio (N) e pós-larva (PL) de camarão do Pacífico, *Penaeus vannamei*, foram obtidos junto ao laboratório da CELM Aquicultura Ltda. para os experimentos com água magnetizada a partir do uso do equipamento Sylocimol, da Empresa Timol Ltda com densidade de fluxo magnético de 3.800 Gauss (G) ou 0,38 T (Tesla) (FIGURA 05).

4.3 Procedimento experimental

4.3.1 Reprodução

O setor de reprodução da empresa CELM Ltda., possui 27 tanques circulares de 10 m³ cada (FIGURA 06), com uma taxa de renovação de água de 100% por dia e fotoperíodo invertido de 14 horas na presença de luz e 10 horas no escuro. Os tanques de reprodução são divididos em 4 blocos com 7 tanques cada um, sendo que o Bloco 01 compreende os tanques de reprodução 01 ao tanque 07, o Bloco 02 compreende os tanques 08 ao 14, o Bloco 03 do tanque de reprodução de nº 15 ao 21 e o Bloco 04 compreende do tanque de reprodução 22 ao tanque 27 (QUADRO 01). Onde para cada bloco de tanque de reprodução os animais são identificados quanto ao sexo, peso médio, data e origem de chegada.

Figura 05 – Equipamentos de magnetização (Sylocimol rural 5.000), com densidade de fluxo magnético de 3.800 Gauss, fornecidos pela Timol Ltda.



Cada tanque possui um total de 100 reprodutores, 50 machos e 50 fêmeas, diariamente as fêmeas são verificadas para a observação da presença de espermátóforos dos machos, em seus órgãos reprodutivos (télico), após a constatação da presença de espermátóforos e do estágio de maturação gonadal, as fêmeas são transferidas para os tanques de desova coletiva.

Para a realização desse procedimento, os sistema de aeração é desligado para facilitar a decantação dos sólidos em suspensão e facilitar o acasalamento dos animais, além

de facilitar a visualização das fêmeas copuladas, que ocorre às 4:30 da manhã. Logo em seguida, as fêmeas são transferidas para os tanques de desova, situado no setor de desova.

Figura 06 – Setor de reprodução do laboratório da CELM Aquicultura Ltda, composto por 27 tanques de 10 m³ cada.



Quadro 1 – Distribuição dos tanques de reprodução no laboratório da CELM Aquicultura Ltda, onde o Bloco 01 compreende os tanques de reprodução 01 ao tanque 07, o Bloco 02 compreende os tanques 08 ao 14, o Bloco 03 do tanque de reprodução de nº 15 ao 21 e o Bloco 04 compreende do tanque de reprodução 22 ao tanque 27.

| 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 | | |

Os reprodutores são alimentados a cada 3 horas com uma dieta semi-úmida mista, contendo diferentes proporções de ração seca Breed – S Fresh (INVE Aquaculture) contendo 40% de proteína bruta, fígado de frango fresco, lula fresca, biomassa de artêmia, ração extrusada Royal Oyster (Neovia S/A) com 50% de proteína bruta e biomassa de mexilhão, com as proporções variando de acordo com a biomassa estocada (TABELA 08).

4.3.2 Setor de desova

O setor de desova situa-se ao lado do setor de reprodução, é constituído por 4 tanques circulares de 10,0 m³ cada, com renovação de água de 250% ao dia. Os tanques são enumerados do 01 ao 04, onde no tanque de desova 01 são transferidas as fêmeas copuladas referentes aos tanques de reprodução do bloco 01, no tanque de desova 02 são transferidas as fêmeas copuladas dos tanques de reprodução do bloco 02, no tanque de desova 03 são estocadas as fêmeas que foram copuladas nos tanques do bloco 03 e no tanque de desova 04 as fêmeas copuladas dos tanques do bloco 04.

Num nível abaixo dos tanques de desova encontram-se 4 carboys de 300 L com tela de filtração de 100 micrômetros, para a coleta dos ovos provenientes das desovas (FIGURA 07). O setor possui uma tubulação de abastecimento de água salgada, uma tubulação de água doce para a limpeza e desinfecção dos tanques e outra para o fornecimento de oxigênio.

Tabela 08 – Tipo e taxa de alimentação ofertada aos reprodutores do setor de reprodução, contando ração seca, fígado de frango, lula fresca, biomassa de artêmia, ração extrusada e biomassa de mexilhão.

| Tipo de alimento | % da Biomassa |
|-------------------------|----------------------|
| Ração seca (Breed -S) | 0,5 |
| Fígado de frango | 2,0 |
| Lula fresca | 4,0 |
| Biomassa de artêmia | 6,0 |
| Ração extrusada (Royal) | 0,5 |
| Biomassa de mexilhão | 2,0 |

Para a realização do experimento, foi instalado um equipamento de magnetização fornecido pela empresa Timol Ltda., o Sylocimol Rural, com capacidade de magnetizar um volume de 5,0 m³/h no tanque de desova 01, sendo esse denominado de **Tanque de Desova Magnetizado (TDM)**, os tanques de desova 02, 03 e 04 foram utilizados como grupo controle e denominados de **Tanques de Desova Controle (TDC)**.

A instalação do equipamento se deu de forma simples, bastando apenas posicionar o eletroímã no fundo do tanque e esperar o tempo necessário (2 horas) para que a magnetização seja completada. Durante um período experimental de 30 dias as desovas foram coletadas e foi realizada a contagem de ovos de cada um dos tanques de desova, em seguida determinado o número de ovos por fêmea para cada tratamento.

Figura 07 – Coletores de ovos de 300 L, com tela de filtração de 100 micrômetros, situados no setor de desova da CELM Aquicultura.



4.3.3 Eclosão

O setor de eclosão é composto por 4 tanques de 1 m³ cada, sem a necessidade de renovação de água. Nesta etapa, os ovos coletados no setor de desova são transferidos para os tanques de eclosão, a eclosão dos náuplios deve acontecer entre 12 e 13 h após o desenvolvimento embrionário. Após eclodirem os náuplios se dirigem ao centro do tanque, que são dotados uma iluminação central, de modo que, os náuplios por possuírem uma

fototaxia positiva, são atraídos em direção à luz, facilitando assim a sua coleta através de uma rede do tipo puçá (FIGURA 08).

No momento da coleta, o sistema de aeração é desligado para facilitar a captura dos náuplios, que em seguida são transferidos para recipientes plásticos de 100 L contendo aeração, onde serão realizadas as contagens dos náuplios eclodidos. Com o auxílio de uma pipeta de 1,0 mL, são retiradas 3 alíquotas, em seguida cada uma é transferida para uma placa de Petri, onde através da extrapolação simples é possível determinar o número de náuplios em cada recipiente.

Logo após realizado o procedimento de contagem, é coletada uma amostra de cada um dos tratamentos para a determinação da taxa de deformação dos náuplios eclodidos. O procedimento é realizado através da retirada de 3 amostras de aproximadamente 100 náuplios para cada tanque de desova, em seguida é realizada a observação de deformações no corpo e apêndices dos animais.

Um tanque desse setor teve a água tratada magneticamente, o qual recebeu os ovos provenientes do tanque do setor de desova que foi magnetizado (**TDM**), sendo esse tratamento denominado de **Tanque de Ecloração Magnetizado (TEM)**. O tratamento cujo os tanques não foram magnetizados e que receberam os ovos provenientes dos tanques de desova não magnetizados (**TDC**), são os **Tanques de Ecloração Controle (TEC)**. O experimento nesse setor teve uma duração de 30 dias, onde diariamente foi comparada a taxa de ecloração (%) e o número de náuplios/fêmea dos tratamentos **TEM** e **TEC**.

Figura 08 – Náuplios sendo atraídos pela luz no momento da coleta nos carboys de 1.000 L cada, localizados no setor de ecloração da empresa CELM Aquicultura Ltda.



4.3.4 Larvicultura

Para o experimento 01, foram utilizados náuplios para a realização da larvicultura desde o sub-estágio náuplio 3 (N₃) havendo o acompanhamento dos estágios larval e pós-larval até PL₁₁, durante um período mínimo de 21 dias, na empresa CELM Ltda. Para isso, foram utilizados um tratamento controle, denominado **Tratamento Controle Experimento 01 TC_{E1}**. O segundo tratamento foi feito através do uso da água magneticamente tratada, sendo denominado de **Tratamento Magnetizado Experimento 01 TM_{E1}**, gerando um total de 2 tratamentos e cada tratamento com 4 repetições.

Foram utilizados 8 tanques retangulares de 25.000 L (FIGURA 09). Para a magnetização da água, sendo instalado o equipamento Sylocimol na parte central de 4 dos 8 tanques. Em seguida, os 8 tanques foram abastecidos com água do mar na salinidade de 33 ppt e aeração provida através de compressores radiais de 7,5 cv, suficiente para manter os níveis de oxigênio dissolvido acima dos 5 mg/L. Estimou-se em 5 horas como sendo o tempo necessário para a magnetização da água dos tanques TCM_{E1}. Após esse período, os 8 tanques foram inoculados com a microalga *Chaetoceros muelleri*, na concentração de 100.000 células/mL.

Figura 09 – Tanques de larvicultura de 25.000 L localizados no setor de larvicultura da empresa CELM Aquicultura Ltda.



Posteriormente, cada tanque foi estocado com aproximadamente 5.000.000 N₄, numa densidade de 200 larvas/L. Durante o período experimental, as larvas foram alimentadas tanto com alimentos vivos (microalgas e náuplios de artêmias) como com dietas artificiais (Frippak CAR 54%PB, Frippak CD 54%PB, Frippak PL 45%PB, Lansy 45%PB, INVE Aquaculture, Bélgica), de duas em duas horas, num total de 12 refeições por dia.

Diariamente, realizou-se o cálculo da população de cada tanque através da contagem de larvas obtidas a partir de 5 amostras de 0,5 L. Em seguida, as larvas foram avaliadas para a determinação do estágio e sub-estágio larval, do estado sanitário e nutricional das larvas, através de avaliações diretas e por microscopia na base de 100 larvas por tanque.

Todos os dias, a disponibilidade de alimentos vivos foi monitorada durante 24 horas em intervalos a cada 4 horas. Havendo redução na oferta de alimentos vivos, fez-se a complementação de microalgas e/ou náuplios de artêmias nas concentrações determinadas nos protocolos de trabalho. Seguindo uma rotina diária de trabalho, os tanques foram sifonados, retirando-se os restos de ração, carapaças resultantes de ecdise e indivíduos mortos.

Ao final do período amostral, as larvas foram despescadas e a sobrevivência final (%), o peso médio (mg), produtividade (g/m³) e a taxa de metamorfose (%), para cada tanque e tratamento foram calculados.

4.3.5 Fase de berçário secundário (Raceway)

Para o experimento 2, utilizou-se pós-larvas para o cultivo durante a fase de berçário secundário desde PL₅₀ até os animais atingirem um peso médio de aproximadamente 1,0 g, durante um período mínimo de 30 dias, na empresa Santorini aquicultura Ltda. Para isso, foram utilizados um tratamento controle, denominado **TC_{E2}**, e um tratamento com a aplicação de um campo magnético na água da fase de berçário, denominado **TM_{E2}**, gerando um total de 2 tratamentos e cada tratamento com 3 repetições.

Foram utilizados 2 tanques retangulares de 750 m³ cada. Para a magnetização da água, foram instalados dois equipamentos Sylocimol na parte central de um dos tanques (**TM_{E2}**). Em seguida, os tanques foram abastecidos com água do mar na salinidade de 33-38 ppt aeração provida através de compressores radiais de 7,5 cv e aeradores de pás de 2,0 cv, suficiente para manter os níveis de oxigênio dissolvido acima dos 5 mg/L. Estima-se em 2 dias como sendo o tempo necessário para a magnetização da água dos tanques **TM_{E2}**. Após

esse período, o tanque foi fertilizado na base de 1,2 kg de nitrato de cálcio, 2,0 kg de superfosfato triplo, 0,8 kg de silicato de sódio neutro e 15 g de probiótico.

Após 5 dias, cada tanque foi estocado com aproximadamente 800.000 PL₅₀, numa densidade de 1,0 larva/L. Durante o período experimental, as larvas foram alimentadas com dietas artificiais (Frippak Flake 54%PB, Epac PL 45%PB, Epac XL 45%PB, Frippak Stresspak 200-500 µm (2/5) 45%PB, INVE Aquaculture, Bélgica e ração com 40%PB), de duas em duas horas, num total de 12 refeições por dia.

Diariamente, foi feito o cálculo da população de cada tanque através da contagem de larvas obtidas a partir de 5 amostras de 0,5 L. Em seguida, as larvas são avaliadas para a determinação do estágio e sub-estágio larval, do estado sanitário e nutricional das larvas, através de avaliações diretas e por microscopia na base de 100 larvas por tanque.

Durante a rotina diária de trabalho, o consumo de alimento foi realizado monitoramento a cada 4 horas através do uso de uma bandeja de alimentação instalada nos berçários, para evitar tanto o desperdício de ração como a sub-alimentação das pós-larvas. Com base nessas observações a quantidade de ração é ajustada de acordo com um protocolo alimentar estabelecido previamente. Os tanques foram sifonados pelo menos uma vez por dia por meio de um dreno central, retirando-se os restos de ração, carapaças resultantes de ecdise e indivíduos mortos.

Ao final do período amostral, as larvas foram despescadas e a sobrevivência final (%), o peso médio (g), a conversão alimentar, o ganho de peso diário (mg/dia), a biomassa total (kg) e a produtividade (kg/m³) para cada tanque e tratamento foram calculados.

4.3.6 Cultivo em viveiros comerciais em águas oligohalinas

Para o experimento 3, foram utilizadas pós-larvas (PL₂₁), oriundas do experimento 01. O tratamento controle, denominado **TC_{E3}**, recebeu pós-larvas oriundas do tratamento **TC_{E1}**, enquanto o tratamento teste, denominado **TM_{E3}**, recebeu pós-larvas oriundas do tratamento **TM_{E1}**, gerando um total de 2 tratamentos e cada tratamento com 2 repetições.

No viveiro do tratamento **TM_{E3}**, foi instalado um total de 20 equipamentos de magnetização (Sylocimol Rural) com capacidade para magnetizar um volume de 5,0 m³/hora. A área total do viveiro é de aproximadamente 1,0 ha (10.000 m²), estima-se que para que haja o completo condicionamento magnético da água demore um tempo aproximado de 6 dias.

Todos os viveiros, num total de 4, foram previamente secos, higienizados, abastecidos com águas oligohalinas na salinidade de 0,5-1,0 ppt, fertilizados com nitrato de cálcio (30,0 kg/hectare), super fosfato triplo (3,0 kg/hectare) e probiótico (0,6 kg/hectare).

Após 5 dias, cada viveiro foi estocado com aproximadamente 700.000 PL₂₁, numa densidade de 70,0 larvas/m². Durante o período experimental, as larvas foram alimentadas com dietas artificiais (rações com 40-35%PB), num total de 4 refeições por dia. O estudo foi conduzido por um período máximo de 84 dias. Os camarões foram alimentados seguindo uma taxa diária de arraçoamento que varia entre 5,5 e 3,0% do total da biomassa estocada (TABELA 09).

Semanalmente, os camarões foram amostrados para avaliar o crescimento em peso. Para isso, 300 indivíduos em cada viveiro foram capturados e pesados. Após cada amostragem, a quantidade de ração fornecida foi ajustada para o peso médio e biomassa de cada viveiro. Os camarões foram despesados após o período de 84 dias e a sobrevivência (%), o peso final (g), a taxa de crescimento específico (TCE = peso final – peso inicial/dias x 100, %/dia), a taxa de crescimento absoluto (TCA, g/camarão/dia), a produtividade (kg/hectare), e o fator conversão alimentar (FCA, ração consumida/biomassa líquida) para cada viveiro e tratamento foram calculados.

Tabela 09 – Taxa de alimentação utilizada durante o experimento de cultivo em viveiros comerciais.

| Peso médio (grama) | Sobrevivência estimada (%) | Taxa de alimentação (% da biomassa) |
|---------------------------|-----------------------------------|--|
| 1,0 | 95,0 | 7,0 |
| 2,0 | 90,0 | 6,0 |
| 3,0 | 89,0 | 5,5 |
| 4,0 | 88,0 | 5,0 |
| 5,0 | 87,0 | 4,5 |
| 6,0 | 86,0 | 4,0 |
| 7,0 | 85,0 | 3,8 |
| 8,0 | 84,0 | 3,7 |
| 9,0 | 83,0 | 3,6 |
| 10,0 | 82,0 | 3,5 |
| 11,0 | 81,0 | 3,4 |
| 12,0 | 80,0 | 3,3 |
| 13,0 | 79,0 | 3,2 |
| 14,0 | 78,0 | 3,0 |
| 15,0 | 77,0 | 2,8 |

4.4 Amostragem e análise da qualidade da água

Periodicamente, parâmetros físico-químicos serão analisados, através da aplicação de métodos padrões, de acordo com APHA (1995), em amostras de água dos tanques experimentais. As amostras de água foram obtidas e encaminhadas imediatamente ao para análise laboratorial. Os parâmetros analisados foram a temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade (ppt), alcalinidade (mg/L), dureza (mg/L), nitrogênio amoniacal total (TAN), nitrito e nitrato (mg/L).

4.5 Análise estatística

Os dados foram analisados através de análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tuckey. Um nível de probabilidade de $p \leq 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo. Os valores são expressos com média \pm DP (desvio padrão da média).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a TABELA 10, os parâmetros de qualidade de água analisados não variaram significativamente entre os tratamentos testados. Num estudo realizado por Hassan *et al.*,(2018), onde foram testados os efeitos da água sob a influência de um campo magnético contínuo nos parâmetros zootécnicos e fisiológicos de juvenis de Tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*), não foram encontradas diferenças significativas, em relação aos parâmetros de qualidade da água, na temperatura (°C), no oxigênio dissolvido (mg/L), no pH e na salinidade entre os diferentes tratamentos, porém houveram alterações significativas na condutância específica e na condutividade da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), onde a medida em que se aumentou a intensidade do campo elétrico esses parâmetros foram decrescendo.

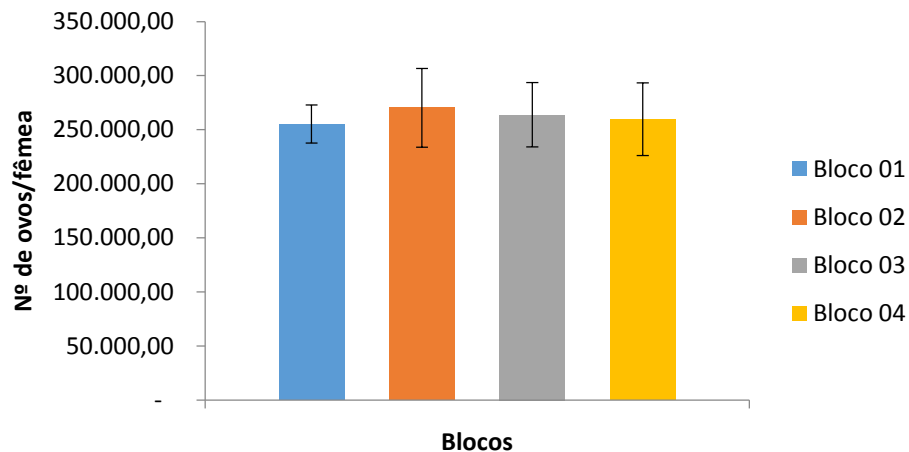
Antes que fossem iniciados os experimentos de magnetização no setor de reprodução e desova na empresa CELM Aquicultura Ltda., foram observados os parâmetros de produção desses setores a fim de se avaliar se havia diferenças no número de ovos produzidos por fêmea entre os diferentes blocos de tanques de reprodução, bem como o número de náuplios produzidos por fêmea e na taxa de eclosão (FIGURAS 10, 11 e 12).

Os resultados demonstraram que antes do início do processo de magnetização de um dos tanques de desova, não houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) entre o número de ovos por fêmea entre os blocos 01, 02, 03 e 04. Bem como não houve diferença entre o número de náuplios por fêmea de cada bloco, nem da taxa de eclosão (TABELA 11). Ficando constatado, dessa forma, que todos os animais situados nos diferentes blocos de tanques de reprodução se encontravam em condições semelhantes antes do início dos experimentos.

Foram realizadas, durante todo o período experimental, biometrias em todos os tanques de reprodução do setor de maturação da empresa CELM Aquicultura Ltda., onde não foram constatadas diferença significativas ($P < 0,05$) entre os pesos médios dos machos e os pesos médios das fêmeas dos blocos 01 ao 04 (TABELA 12).

De acordo com resultados observados por PALACIOS *et al.*, (1999), os parâmetros reprodutivos de fêmeas de diferentes classes de peso foram significativamente diferentes, como por exemplo o número de ovos e náuplios produzidos por desova, onde a relação entre o peso médio das fêmeas e os parâmetros reprodutivos supracitados se mostraram diretamente proporcionais.

Figura 10 – Número de ovos/fêmea antes de se iniciar o experimento de tratamento magnético da água.



O contrário foi observado para a porcentagem de ovos fertilizados por desova que se mostrou menor nas classes de peso maiores. Essas observações demonstram que os animais dos diferentes blocos de tanques de reprodução analisados, se encontravam em condições semelhantes antes do início dos experimentos, minimizando, dessa forma, a possibilidade de qualquer variável que pudesse influenciar nos parâmetros reprodutivos dos tratamentos analisados.

Figura 11 - Número de náuplios/fêmea antes de se iniciar o experimento de magnetização.

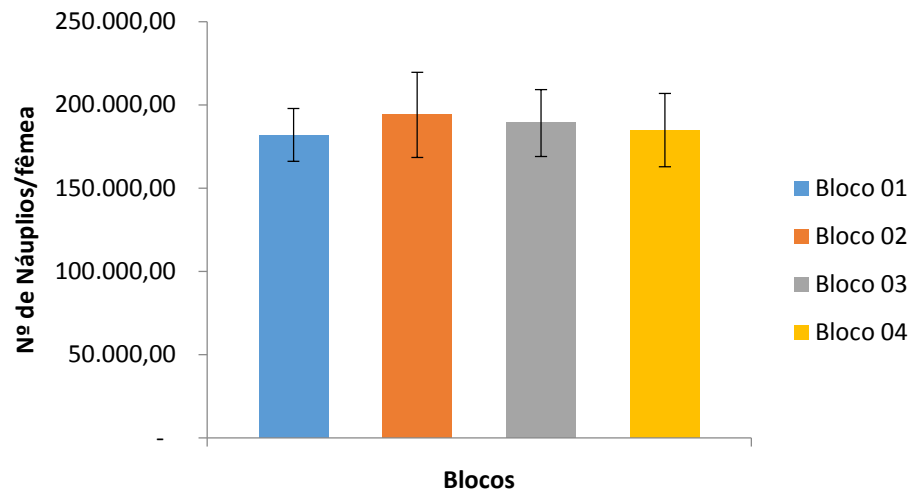


Tabela 10 – Parâmetros de qualidade de água analisados durante as diferentes fases dos experimentos, entre os grupos controles (TDC, TC_{E1}, TC_{E2} e TC_{E3}) e os grupos com água tratada magneticamente (TDM, TM_{E1}, TM_{E2} e TM_{E3}).

| Parâmetro | Unidade | Fase de desova | | Fase de larvicultura | | Fase de berçário secundário | | Fase de cultivo comercial | | Referência |
|---------------------|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| | | TDC | TDM | TC _{E1} | TM _{E1} | TC _{E2} | TM _{E2} | TC _{E3} | TM _{E3} | |
| Temperatura | °C | 27,5 ± 0,9 ^a | 27,9 ± 0,7 ^a | 26,2 ± 1,5 ^a | 26,4 ± 1,3 ^a | 28,7 ± 0,9 ^a | 29,1 ± 0,6 ^a | 26,6 ± 1,5 ^a | 26,2 ± 1,8 ^a | n.a. |
| Oxigênio dissolvido | mg/L | 6,4 ± 1,2 ^a | 5,7 ± 1,8 ^a | 7,1 ± 1,7 ^a | 6,7 ± 2,1 ^a | 5,6 ± 1,6 ^a | 6,1 ± 1,9 ^a | 4,2 ± 0,9 ^a | 4,4 ± 1,2 ^a | > 4,0 |
| Salinidade | ppt | 33,0 ± 0,1 ^a | 33,0 ± 0,1 ^a | 34,0 ± 0,1 ^a | 34,0 ± 0,1 ^a | 45,0 ± 1,3 ^a | 44,0 ± 1,8 ^a | 0,5 ± 0,1 ^a | 0,5 ± 0,1 ^a | 0,5 - 30,0 |
| Alcalinidade total | mg/L | 115,3 ± 9,4 ^a | 121,8 ± 10,7 ^a | 119,8 ± 12,4 ^a | 117,4 ± 9,3 ^a | 153,2 ± 7,2 ^a | 145,3 ± 10,3 ^a | 95,6 ± 8,6 ^a | 97,2 ± 9,9 ^a | > 100 |
| Dureza total | mg/L | 143,2 ± 16,7 ^a | 140,5 ± 12,4 ^a | 137,8 ± 15,4 ^a | 139,1 ± 19,6 ^a | 143,2 ± 12,7 ^a | 138,7 ± 15,6 ^a | 125,2 ± 9,8 ^a | 122,8 ± 10,6 ^a | > 150 |
| TAN | mg/L | 0,9 ± 0,1 ^a | 0,7 ± 0,0 ^a | 1,0 ± 0,2 ^a | 0,9 ± 0,0 ^a | 1,5 ± 0,2 ^a | 1,3 ± 0,1 ^a | 1,2 ± 0,3 ^a | 1,6 ± 0,4 ^a | ≤ 0,4 |
| Nitrito | mg/L | 0,04 ± 0,0 ^a | 0,09 ± 0,1 ^a | 0,03 ± 0,0 ^a | 0,1 ± 0,1 ^a | 0,09 ± 0,0 ^a | 0,1 ± 0,0 ^a | 0,04 ± 0,0 ^a | 0,03 ± 0,0 ^a | ≤ 0,07 |
| Nitrato | mg/L | 0,2 ± 0,1 ^a | 0,4 ± 0,1 ^a | 0,6 ± 0,2 ^a | 0,8 ± 0,1 ^a | 0,5 ± 0,1 ^a | 0,7 ± 0,1 ^a | 0,9 ± 0,1 ^a | 1 ± 0,2 ^a | ≤ 0,4 |

*Letras diferentes entre colunas significam diferenças significativas (P<0,05).

Tabela 11 – Parâmetros reprodutivos dos tanques de reprodução antes de serem iniciados os experimentos com água tratada magneticamente.

| Bloco | Nº de Ovos/fêmea (x1000) | Nº de Náuplios/fêmea (x1000) | Taxa de Eclosão (%) |
|-------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 01 | 255,22 ± 17,67 ^a | 181,92 ± 15,85 ^a | 71,22 ± 0,02 ^a |
| 02 | 270,22 ± 36,53 ^a | 193,95 ± 25,52 ^a | 71,78 ± 0,02 ^a |
| 03 | 263,77 ± 29,71 ^a | 189,12 ± 20,06 ^a | 71,78 ± 0,02 ^a |
| 04 | 259,67 ± 33,53 ^a | 184,78 ± 22,00 ^a | 71,22 ± 0,02 ^a |

*Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (P<0,05).

Na FIGURA 13 é mostrado o resultado da produção em número de ovos por fêmea de *P. vannamei*, após a realização do tratamento magnético da água no tanque de desova. O tratamento magnetizado (**TDM**) que compreende as fêmeas que foram copuladas vindas do bloco 01, apresentou um aumento de 26,22% no número de ovos desovados por fêmea em relação ao mesmo bloco antes da instalação do equipamento de magnetização. No tratamento controle (**TDC**), houve uma redução de apenas 2,03% na média do número de ovos produzidos pelas fêmeas dos blocos 02, 03 e 04, sugerindo que não houveram alterações nesse parâmetro nos períodos antes e depois do início do experimento.

Tabela 12 – Peso médio individual de macho e fêmeas dos diferentes blocos de tanques de reprodução.

| Bloco | Peso Médio (g) | |
|-------|---------------------------|---------------------------|
| | Machos | Fêmeas |
| 01 | 41,40 ± 2,50 ^a | 59,20 ± 4,64 ^a |
| 02 | 42,20 ± 3,71 ^a | 55,80 ± 6,07 ^a |
| 03 | 43,80 ± 3,58 ^a | 55,40 ± 5,17 ^a |
| 04 | 42,00 ± 4,11 ^a | 54,60 ± 4,53 ^a |

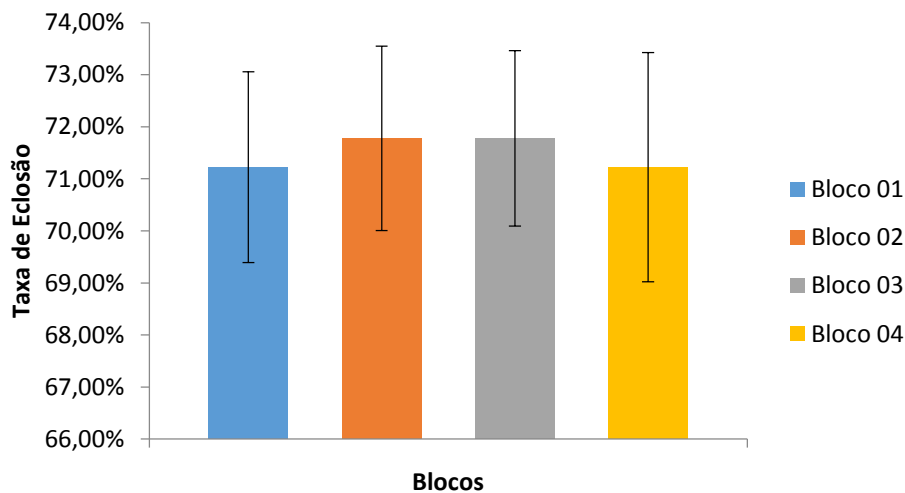
*Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (P<0,05).

Em relação ao número de náuplios produzidos por fêmea, o tratamento magnetizado (**TDM**) apresentou um incremento de 22,47% no número de náuplios no período analisado antes do início do condicionamento magnético da água (FIGURA 14). O tratamento controle (**TDC**) apresentou uma redução não significativa de 0,31% em relação ao número de

náuplios por fêmea que foi produzido nos blocos 02, 03 e 04 antes do início do experimento nos tanques de desova, também demonstrando que o padrão de produção do grupo controle foi seguido após o início do experimento.

Houve uma redução de 2,9% na taxa de eclosão do tratamento magnetizado em relação à fase anterior ao experimento (FIGURA 15). O tratamento controle aumentou em 1,9% a taxa de eclosão após o início do tratamento.

Figura 12 – Taxa de eclosão dos ovos antes de se iniciar o experimento de magnetização.



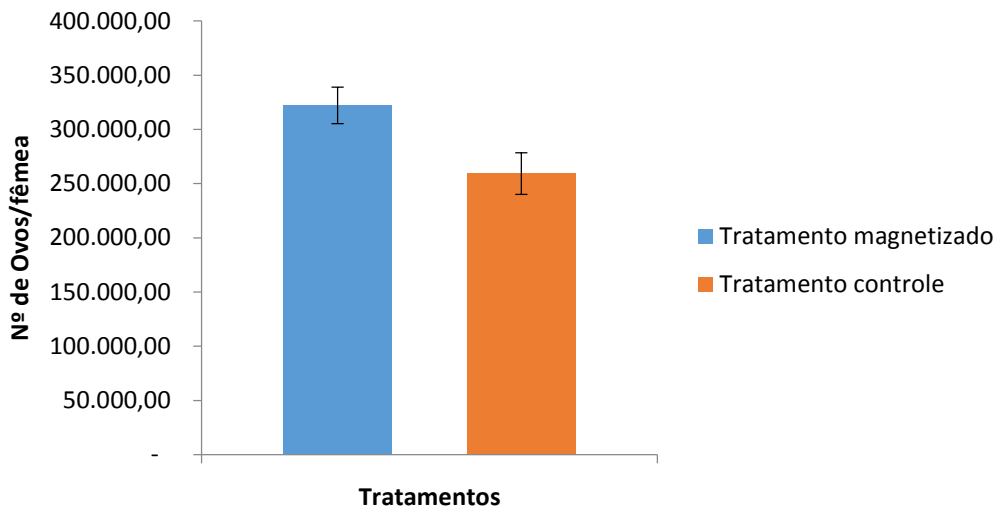
Na TABELA 13 são demonstradas as diferenças entre os parâmetros de reprodução entre os diferentes tratamentos. O número de ovos por fêmea do tratamento magnetizado foi significativamente superior ($P < 0,05$) ao do tratamento controle, apresentando uma diferença de 24,30% de ovos produzidos a mais do que no tratamento controle.

Vale ressaltar que para o tratamento magnetizado das fêmeas que foram copuladas nos tanques do bloco 01, houve um aproveitamento de 96%, ou seja, para cada 100 fêmeas que foram copuladas nos tanques do bloco 01 e transferidas para o tanque de desova 01, 96 fêmeas desovaram e 4 retornaram para os tanques de cópula e reprodução ainda com os ovos armazenados, onde estes foram posteriormente descartados pelo sistema de drenagem dos tanques de reprodução.

Para os tanques de desova do tratamento controle esse percentual foi de 95%, sendo estatisticamente igual ao do tratamento magnetizado. Tal fato sugere que a diferença entre o número de ovos produzidos por fêmea no tratamento magnetizado ter sido maior que no controle, se deve não ao fato de haver um número maior de fêmeas que conseguiram

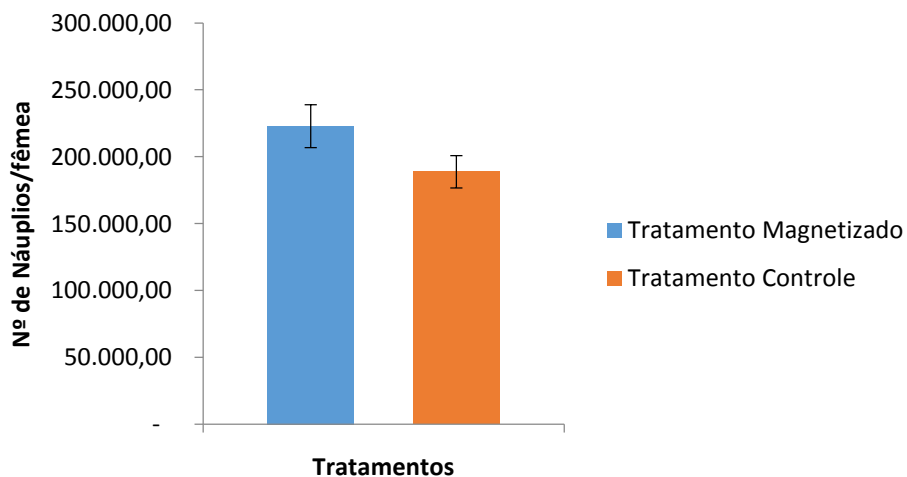
desovar nos tanques, mas por conta que a água tratada magneticamente cria condições mais propícias no meio para que as fêmeas liberem um número maior de ovos para o meio, visto que foi observado em todas as desovas, a presença de fêmeas que não desovaram completamente nos tanques de desova, retornando para o tanque de reprodução com ovos ainda não fecundados.

Figura 13 – Número de Ovos/fêmea após o início do experimento de magnetização da água.



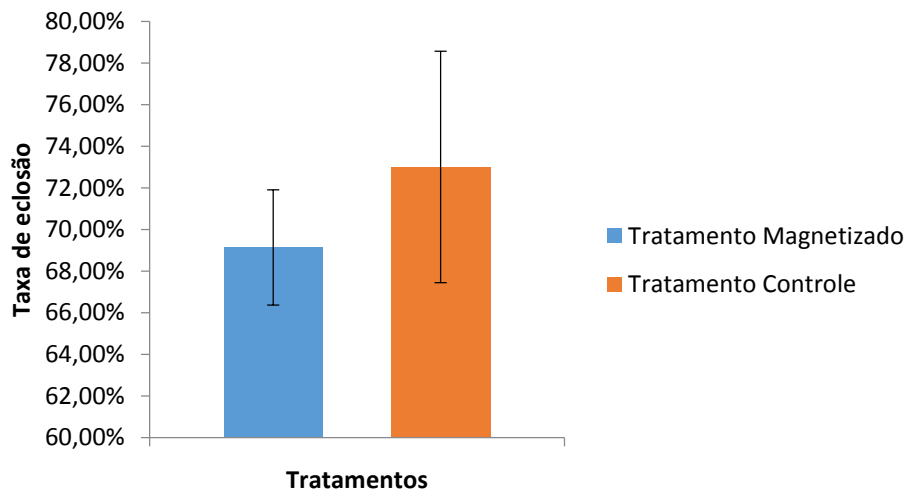
O número de náuplios produzidos por fêmea do tratamento magnetizado foi significativamente superior ($P < 0,05$) ao do tratamento controle. Apresentando, o tratamento com a água tratada magneticamente, um número de náuplios produzidos 18,07% maior que o tratamento controle.

Figura 14 – Número de Náuplios/fêmea após o início do experimento de magnetização da água.



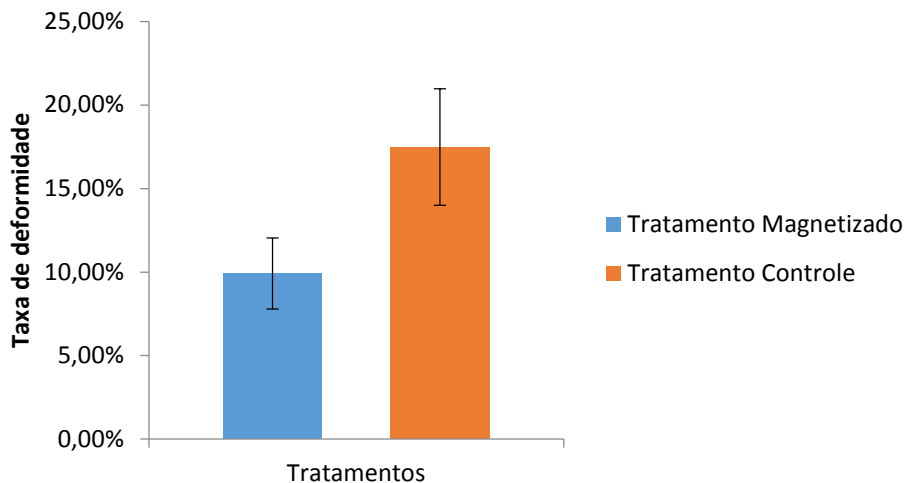
Não houve diferenças significativas na taxa de eclosão entre os tratamentos. O tratamento controle apresentou uma taxa de eclosão ligeiramente maior (5,6%) que o tratamento magnetizado, indicando que o uso do equipamento Sylocimol nos tanques de eclosão não apresenta impactos sobre a taxa de eclosão dos ovos.

Figura 15 – Taxa de eclosão dos tratamentos magnetizado e controle, após o início do experimento de magnetização.



Foi observado que a taxa de deformidade dos náuplios produzidos pelo tratamento contendo a água tratada magneticamente foi significativamente ($P < 0,05$) menor do que no tratamento controle, apresentando o tratamento magnetizado uma diferença de 43,25% no número de larvas que apresentaram alguma deformidade (FIGURA 16).

Figura 16 – Taxa de deformidade dos tratamentos magnetizado e controle.



A TABELA 14 mostra uma síntese dos resultados obtidos no experimento 01, onde foi testada a influência do tratamento magnético da água na larvicultura do camarão marinho *P. vannamei*. A sobrevivência do tratamento magnetizado (TM_{E1}) foi significativamente maior ($P < 0,05$) que a do tratamento controle (TM_{E1}), onde o tratamento no qual foi instalado o equipamento de magnetização da água apresentou a sobrevivência ao final do cultivo 33,19% maior que a do tratamento controle.

A FIGURA 17 mostra que a água submetida ao tratamento magnético, tem influência positiva sobre a sobrevivência larval do camarão marinho (*P. vannamei*). Num estudo realizado por Manso (2006), utilizando a água tratada magneticamente na larvicultura de *P. vannamei*, houve um incremento de 30,50% na taxa de sobrevivência das larvas submetidas ao tratamento magnetizado desde o estágio de náuplio 3 (N_3) até PL_{10} , corroborando com os resultados dessa pesquisa.

Tabela 13 – Resultado do experimento no setor de maturação na empresa CELM Aquicultura Ltda.

| Parâmetros | Tratamentos | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Magnetizado | Controle |
| Nº de ovos/fêmea (x1.000) | 322,15 ± 16,94 ^a | 259,18 ± 19,22 ^b |
| Nº de náuplios/fêmea (x1.000) | 222,80 ± 16,00 ^a | 188,70 ± 12,11 ^b |
| Taxa de eclosão (%) | 69,14 ± 3,00 ^a | 73,01 ± 6,00 ^a |
| Taxa de deformidade (%) | 9,92 ± 2,00 ^a | 17,48 ± 3,00 ^b |

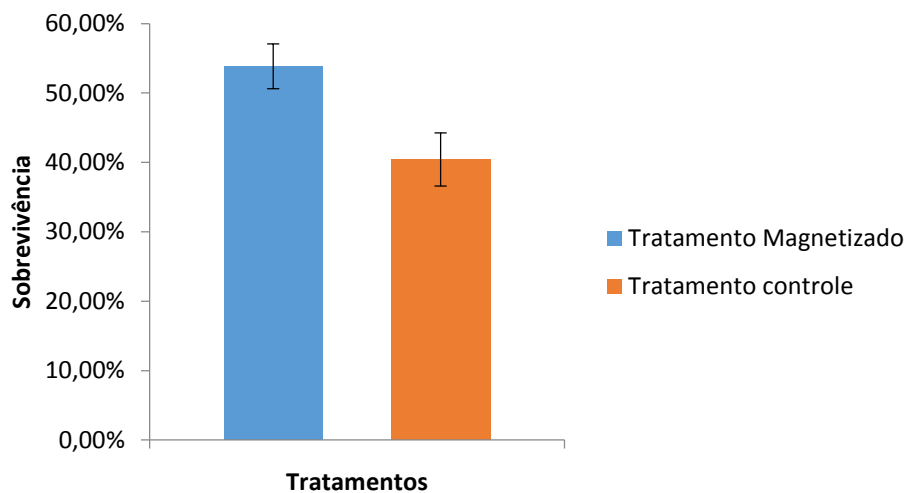
*Letras diferentes entre colunas significam diferenças significativas ($P < 0,05$).

O peso médio individual das larvas também foi afetado significativamente ($P < 0,05$) pela influência do campo magnético produzido pelo Sylocimol, onde as larvas submetidas ao tratamento com água magnetizada obtiveram um peso médio 7,14% maior do que as larvas não submetidas ao tratamento (FIGURA 18).

Hassan *et al.*, (2018), pesquisando a influência de diferentes intensidades de campos magnéticos contínuos no cultivo de Tilápias-do-Nilo (*O. niloticus*) em sistemas contínuo de recirculação, observou que os animais submetidos a um campo magnético de 0,15 T (Tesla) apresentaram uma diferença superior de 7,20% no peso médio dos animais em relação ao grupo controle (0,00 T).

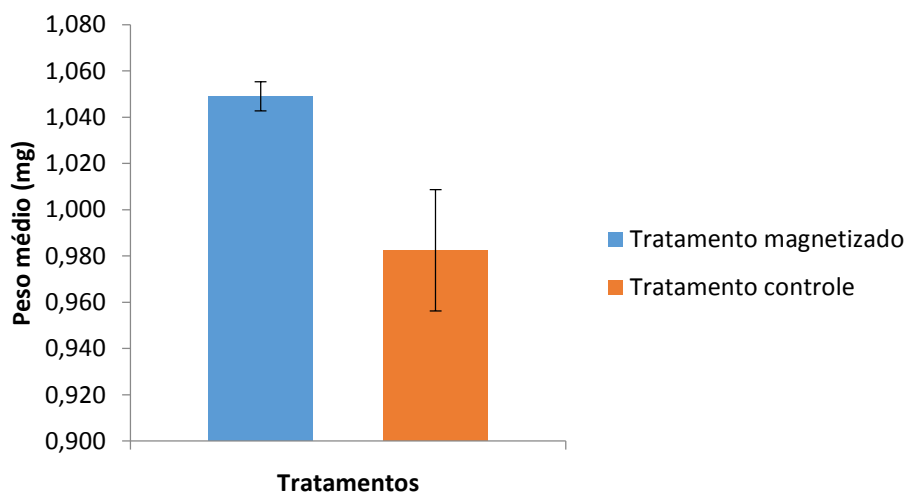
Da mesma forma, num estudo realizado com o cultivo de pepinos do mar (*Apostichopus japonicus*) expostos a diferentes intensidades de campos magnéticos em diferentes tempos de exposição, foram encontradas diferenças significativas no ganho de peso dos animais expostos a campos magnéticos de 0,3 e 0,5 T durante o período de 1 hora (TANG *et al.*, 2015).

Figura 17 – Sobrevivência final do experimento de larvicultura na empresa CELM Aquicultura Ltda.



A produtividade (em g/m^3) também foi afetada de forma significativa ($P < 0,05$) pelo tratamento magnetizado, onde a média de produtividade dos tanques submetidos ao condicionamento magnético da água foi 47,50% maior do que nos tanques não submetidos ao tratamento de magnetização da água (FIGURA 19).

Figura 18 – Peso médio das larvas do experimento de larvicultura na empresa CELM Aquicultura Ltda.

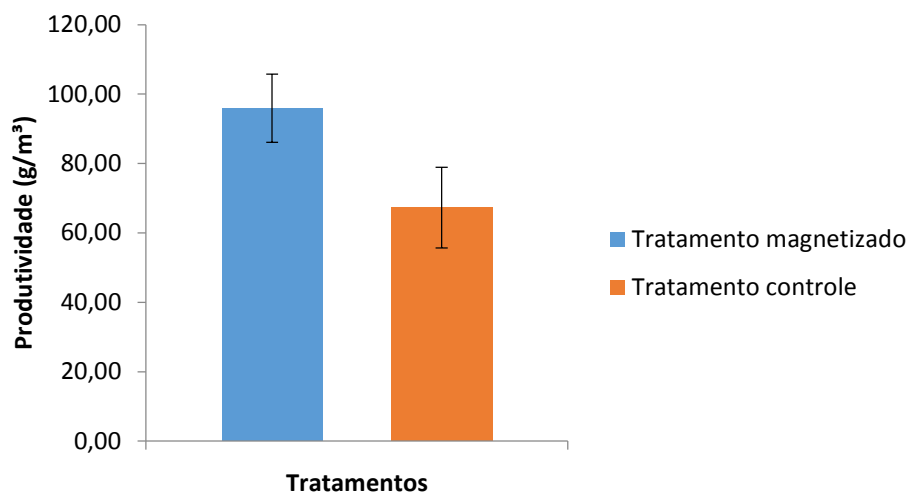


A taxa de metamorfose entre os diferentes subestágios larvais dos tratamentos magnetizado e controle estão descritos na TABELA 15. Na mudança dos subestágio de Náuplio 05 (N_5) para Zoea 01 (Z_1), 100% das larvas submetidas ao tratamento com água magnetizada se encontravam no estágio Z_1 , enquanto 7,7% dos animais do grupo controle ainda se encontravam no subestágio anterior (N_5). Na metamorfose do subestágio de Z_3 para Misis 01 (M_1), 100% das larvas do tratamento magnético se encontravam em M_1 , enquanto 10,5% do grupo controle estavam no subestágio de Z_3 .

Por fim, na metamorfose de M_3 para pós larva 01 (PL_1), 100% do grupo controle se encontrava no subestágio de PL_1 , enquanto 8,2% dos animais do grupo controle se encontravam no subestágio de Z_3 . Da mesma forma, MANSO, (2006), analisando a taxa de metamorfose de larvas de *P. vannamei* sob a influência da água tratada magneticamente, observou que a taxa de mudança, no penúltimo dia de experimento, de M_3 para PL_1 foi de 98% para o tratamento magnetizado, enquanto do grupo controle, no mesmo período, foi de 83%.

Da mesma forma como ocorreram alterações significativas no peso médio final dos animais submetidos ao tratamento magnetizado, é de se esperar que ocorram diferenças positivas na taxa de metamorfose, pois os processos de ecdise do camarão marinho *P. vannamei* estão diretamente ligados ao crescimento do animal.

Figura 19 – Produtividade dos tanques de larvicultura na empresa CELM Aquicultura Ltda.



Na TABELA 16 são mostrados os resultados do experimento realizado nos berçários secundários na empresa Santorini Aquicultura Ltda. Não houve diferenças

estatisticamente significativas nos parâmetros de peso médio, ganho de peso, sobrevivência, fator de conversão alimentar (FCA), dias de cultivo e na produtividade final.

As diferenças que mais merecem destaque foram em relação ao peso médio do tratamento magnetizado em relação ao tratamento controle, o qual foi 30,00% maior no tratamento com água magnetizada, e na produtividade final dos tratamentos, onde no magnetizado foi 36,40% maior que no tratamento controle. Tais diferenças podem ser justificadas por conta da média dos dias de cultivo no tratamento magnético ter sido maior do que no controle, logo é de se esperar que esses parâmetros apresentem valores mais elevados.

Tabela 14 – Resultados do experimento de larvicultura realizado na empresa CELM Aquicultura Ltda.

| Parâmetros | Tratamentos | |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Magnetizado | Controle |
| Sobrevivência (%) | 53,85 ± 3,21 ^a | 40,43 ± 3,82 ^b |
| Peso médio (mg) | 1,05 ± 0,01 ^a | 0,98 ± 0,03 ^b |
| Produtividade (g/m ³) | 95,92 ± 9,83 ^a | 67,29 ± 11,62 ^b |

*Letras diferentes entre colunas significam diferenças significativas (P<0,05).

De acordo com estudos realizados por KRZEMIENIEWSKI *et al.*, (2004b), onde ao testar o efeito da água tratada magneticamente no cultivo de larvas do Catfish europeu (*Silurus glanis*), observou que o grupo de peixes que foram submetidos ao tratamento com água magnetizada teve uma menor sobrevivência, obtendo para o grupo testado com a influência de campos magnéticos uma taxa de sobrevivência de 83,30% e no grupo controle um valor de 88,70%, porém sem diferenças estatisticamente significativas.

No entanto, ao comparar os valores de peso médio das larvas, observou diferenças significativas (P<0,05), onde as larvas submetidas a campos magnéticos constantes apresentaram um peso médio 41,02% menor do que as larvas do grupo controle. O autor sugere a hipótese de que campos magnéticos relativamente baixos causam a inibição do chamado cruzamento intersistema. O que pode ser explicado pelo fato dos radicais livres apresentarem um ou mais elétrons desemparelhados, responsáveis por sua alta reatividade. Através do cruzamento intersistema, as ligações entre os radicais livres podem ser criadas.

A inibição por campos magnéticos relativamente baixos pode levar a uma diminuição na quantidade de radicais que são transformados em diferentes configurações ou

até mesmo levar a um aumento desses no meio. Dessa forma, o campo magnético pode influenciar na concentração de radicais livres numa solução.

Os radicais livres causam uma rápida e eficaz oxidação de compostos orgânicos, mas por outro lado, causam danos prejudiciais e irreversíveis mudanças nos organismos vivos. Como peroxidação de membranas celulares, inativação de enzimas, defeitos em cromossomos, alterações em proteínas moleculares e carboidratos, esses são alguns dos processos desfavoráveis que podem ser o resultado da interação de formas reativas de oxigênio (BERGENDI *et al.*, 1999).

Tabela 15 – Taxa de metamorfose dos diferentes tratamentos do experimento de larvicultura.

| Estágio | Tratamentos | |
|----------|-----------------|--------------|
| | Magnetizado (%) | Controle (%) |
| N5 - Z1 | 100 | 92,3 |
| Z3 - M1 | 100 | 89,5 |
| M3 - P11 | 100 | 91,8 |

Um resumo dos resultados do experimento de magnetização em viveiros de cultivo comercial de *P. vannamei* está demonstrado na TABELA 17. Em média os cultivos realizados tiveram uma duração de 110 dias. O tratamento com água tratada magneticamente obteve o melhor resultado de sobrevivência, porém as diferenças observadas não foram estatisticamente significativas.

De um modo geral, o uso de magnetizadores em viveiros comerciais, nos experimentos realizados, não alteraram de forma significativa os resultados zootécnicos no cultivo do camarão. Tang *et al.*, (2015), analisando o efeito de campos magnéticos no crescimento, na imunidade e na atividades de enzimas digestivas de pepinos-do-mar (*Apostichopus japonicus*), concluiu que para se produzir resultados satisfatórios, deve-se haver uma exposição aos campos magnéticos por um tempo superior a 30 min e a intensidade do campo magnético deve ser maior do que 0,3 T (Tesla).

Manso, (2006), obteve resultados significativos na sobrevivência e na metamorfose larval ao aplicar o uso de campos magnéticos de 0,45 T na água da larvicultura de *P. vannamei*. Os equipamentos de magnetização utilizados no experimento de cultivo

comercial são capazes de produzir um campo de densidade de fluxo magnético de 3.800 Gauss (G), ou 0,38 T.

Se considerarmos que uma unidade de densidade de fluxo magnético equivale a uma unidade fluxo magnético por m², podemos supor que o uso de 20 equipamentos para uma área de 1,0 ha (10.000 m²) é insuficiente para causar alguma alteração nas características físico-químicas da água que pudesse contribuir com alguma melhoria dos resultados zootécnicos no viveiro.

Tabela 16 – Resultados do experimento realizado em berçários secundários.

| Parâmetros | Tratamentos | |
|--|---------------------------|---------------------------|
| | Magnetizado | Controle |
| Peso médio (g) | 0,78 ± 0,08 ^a | 0,60 ± 0,10 ^a |
| Ganho de peso (kg/m ³ /dia) | 0,02 ± 0,02 ^a | 0,02 ± 0,01 ^a |
| Sobrevivência (%) | 89,00 ± 2,10 ^a | 85,00 ± 1,95 ^a |
| FCA | 0,97 ± 0,01 ^a | 0,98 ± 0,01 ^a |
| Dias de cultivo | 45,00 ± 1,70 ^a | 36,00 ± 2,71 ^b |
| Produtividade final (kg/m ³) | 0,75 ± 0,12 ^a | 0,55 ± 0,15 ^a |

*Letras diferentes entre colunas significam diferenças significativas (P<0,05).

A maioria dos estudos sobre os efeitos dos campos magnéticos sugerem alterações nas propriedades físico-químicas da água, influenciando a cinética de cristalização de sais dissolvidos, tensão superficial, viscosidade e equilíbrio químico (BAKER & JUDD, 1996). De acordo com Otsuka e Oseki (2006), a água aerada e condicionada magneticamente se constitui num novo tipo de solvente que deve ser explorada em processos industriais e agrícolas, assim como no processamento de alimentos, cosméticos e no tratamento de efluentes.

Além do mais, concluiu-se que os efeitos do magnetismo na água, tanto inorgânicos quanto biológicos, estavam relacionados à presença de gases dissolvidos e a uma maior hidratação dos íons presentes na água.

A membrana celular é formada, além de outros, por uma dupla camada lipídica (uma superfície hidrofóbica), e a possível hidratação dessa é extremamente importante no controle da fluidez e em transformação de fase, podendo influenciar na conformação proteica

da membrana celular. A célula é essencialmente um sistema aquoso, com uma matriz proteica (COLIC; MORSE, 1999).

Onde, todos os nutrientes se encontram dissolvidos na água e todas as reações químicas ocorrem em meio aquoso. Pode-se concluir que qualquer alteração causada por meio da influência de campos magnéticos na água, estende-se para o meio celular. Segundo GOLDSWOTHY *et al.*, (1999), existe a possibilidade do aumento da permeabilidade da membrana celular, uma vez que membranas biológicas são estabilizadas por monocamadas de íons de cálcio presentes na dupla camada fosfolipídica da membrana.

Também foi observado por Colic e Morse (1999), que a adsorção por hidratação de superfícies hidrofóbicas era mais forte quando submetidas a campos magnéticos. Dessa forma, o aumento na camada de hidratação dos íons de cálcio diminuiria sua adsorção nas camadas lipídicas, facilitando o seu fluxo nos canais iônicos.

Tabela 17 - Resultados do experimento realizado em viveiros de cultivo comercial.

| Parâmetros | Tratamentos | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Magnetizado | Controle |
| Dias de cultivo | 113,00 ± 7,21 ^a | 108,00 ± 8,71 ^a |
| Sobrevivência (%) | 44,43 ± 1,25 ^a | 42,80 ± 4,01 ^a |
| Peso médio (g) | 11,11 ± 0,64 ^a | 11,03 ± 0,35 ^a |
| Ganho de peso (g/dia) | 0,10 ± 0,01 ^a | 0,11 ± 0,02 ^a |
| Produtividade (kg/ha) | 3.452,35 ± 125,61 ^a | 3.301,33 ± 276,77 ^a |
| FCA | 1,69 ± 0,29 ^a | 1,64 ± 0,52 ^a |

*Letras diferentes entre colunas significam diferenças significativas (P<0,05).

Segundo Chang *et al.*,(1995), os crustáceos periodicamente necessitam trocar suas carapaças para crescer. Para isso eles precisam realizar o processo de muda (troca de carapaça). Depois de cada muda, para fazer uma nova carapaça, o crustáceo necessita absorver novos íons dissolvidos na água, o que é diretamente dependente da permeabilidade iônica.

Essa característica faz com que esses animais estejam sujeitos a um balanço periódico de cálcio, de fontes endógenas e exógenas, cujas trocas são em grande parte osmorregulatórias. Além desses, grandes movimentos iônicos durante o período de muda, principalmente de cálcio, acontecem entre o organismo e o ambiente para que o animal cresça

e fortaleça seu novo exoesqueleto. Mecanismos altamente sofisticados de regulação do cálcio acontecem em camadas epiteliais nas brânquias, intestino, glândulas antenal (rins) e integumento dos crustáceos (MANSO, 2006).

O esforço para manter em equilíbrio o balanço iônico nos fluidos corporais, e para fazer a mineralização no exoesqueleto é influenciado pela composição iônica do meio. Durante o período da muda no *P. vannamei*, os eletrólitos apresentam concentrações diferentes na hemolinfa dos animais. Como por exemplo os níveis de Ca^{2+} , que interagem e intervêm em atividades metabólicas diversas, inclusive na atividade hormonal, mantém altos níveis circulantes na hemolinfa nos estágios de pré-muda (DALL, 1965; GREENAWAY, 1974; CHENG *et al.*, 2002).

De acordo com os resultados apresentados, principalmente nos experimentos realizados na maturação e na larvicultura do camarão marinho *P. vannamei*, é possível atestar os efeitos benéficos da água tratada magneticamente. Dessa forma, é interessante destacar que a interação entre a água, o oxigênio e o campo magnético, é responsável por uma maior hidratação dos íons dissolvidos na água, dentre eles o Ca^{2+} .

Onde essa hidratação é responsável por um transporte desses íons de uma forma mais rápida e com mais eficiência energética, favorecendo um menor gasto energético para realização do processo de ecdise dentre outras atividades fisiológicas. Por conta do transporte celular mais eficiente, o processo de calcificação do exoesqueleto se dá de uma forma mais rápida, dessa forma o animal retorna mais rapidamente às condições normais de alimentação, melhorando suas condições fisiológicas e defesa imunológica.

6 CONCLUSÃO

A água tratada magneticamente melhora os parâmetros reprodutivos na maturação do camarão marinho *P. vannamei*, tendo influência direta no aumento do número de ovos e náuplios produzidos por fêmea, bem como na diminuição da taxa de deformidade dos náuplios produzidos.

Na larvicultura a magnetização da água foi capaz de melhorar a sobrevivência, aumentar o peso médio das larvas e aumentar a produtividade dos tanques. A taxa de metamorfose também foi influenciada, fazendo com que animais submetidos à essa tecnologia realizassem a metamorfose entre os estágios larvais mais precocemente.

Os resultados demonstrados nesse experimento sugerem a utilização dessa tecnologia na larvicultura, visando um aumento de produtividade sem influenciar diretamente nos custos operacionais de um laboratório.

A água tratada magneticamente não produziu efeitos significativos no cultivo do *P. vannamei* na fase de berçários secundários, necessitando de estudos adicionais aplicando campos magnéticos mais intensos para determinar se realmente há ou não a influência do magnetismo nessa fase.

Não houveram diferenças significativas nos parâmetros zootécnicos em cultivos de camarões marinhos com o uso de magnetizadores nos viveiros comerciais, sendo recomendado o uso de uma quantidade maior de magnetizadores por unidade de área (hectare).

Novos experimentos devem ser realizados a fim de se conhecer os efeitos da magnetização da água nas fases de berçário e de cultivo comercial, utilizando campos magnéticos mais intensos, bem como, utilizando diferentes densidades de fluxo magnético para determinar os valores de referência para as diferentes fases de cultivo de *P. vannamei*.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. C. S.; MATTOS, P.; LIMA, P. E. S.; PADULA, A. D. Shrimp farming in coastal Brazil: Reasons for market failure and sustainability challenges. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 54, p. 658–667, Sept. 2011.

AHMED, N., DEMAINE, H., MUIR, J.F. Freshwater prawn farming in Bangladesh: history, present status and future prospects. **Aquaculture Research**, New Jersey, v. 39, p. 806 – 819, Apr. 2008.

ANDERSON, J. L.; VALDERRAMA, D.; JORY, D. Global Shrimp Production Review and forecast. **Global Aquaculture Advocate**, Portsmouth, v. 6, p. 10 – 11, Oct. 2017.

ANDRADE, T. P. D.; SRISUVAN, T.; TANG, K. F. J.; LIGTHNER, D. V. Real-time reverse transcription polymerase chain reaction assay using TaqMan probe for detection and quantification of Infectious myonecrosis virus (IMNV). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 264, p. 9 – 15, Apr. 2007.

BAILEY, C. The social consequences of tropical shrimp mariculture development. **Ocean and Shoreline Management**, Amsterdam, v. 11, p. 31 – 44, Jan. 1988.

BAKER, J. S., JUDD, S. J. Review paper, magnetic amelioration of scale formation. **Water Research**, Delft, v. 30, p. 247 – 260, Feb. 1996.

BARRET, R. A., PARSONS, S. A. The influence of magnetic fields on calcium carbonate precipitation. **Water Research**, Delft, v. 32, p. 609 – 612, Mar. 1998.

BERGENDI, L., BENES, L., DURACKOWA, Z., FERENCIK, M. Chemistry, physiology and pathology of free radicals. **Life Science**, Columbus, v. 65, p. 1865 – 1874, Feb. 1999.

BIAO, X.; KAIJIN, Y. Shrimp farming in China: Operating characteristics, environmental impact and perspectives. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 50, p. 538–550, Mar. 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Portaria nº 206, de 4 de setembro de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 172, 5 set. 2018. Seção 1, p. 22. Disponível em: http://www.imprensa nacional.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/39729251/do1-2018-09-05-portaria-n-206-de-4-de-setembro-de-2018-39729135. Acesso em: 18 Fev. 2019.

BRASIL. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: Brasil 2010**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012. 128 p.

BREMER, S.; HAQUE, M. M.; HAUGEN, A. S.; KAISER, M. Inclusive governance of aquaculture value-chains: Co-producing sustainability standards for Bangladeshi shrimp and prawns. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 131, p. 13-24, Aug. 2016.

BRIGGS, M. Standard Operating Procedures (SOPs) for *Penaeus monodon* Hatcheries in Bangladesh. **FAO Fisheries Technical Paper**, Rome, 113 p, Jan. 2009.

BRIGGS, M.; FUNGE-SMITH, S.; SUBASINGHE, R. P.; PHILLIPS, M. Introductions and movement of two penaeid shrimp species in Asia and the Pacific. **FAO Fisheries Technical Paper**, Rome, 78 p, 2005.

BURGESS, M. G., CLEMENCE, M., MCDERMOTT, G. R., COSTELLO, C. Y GAINES, S. D. Five rules for pragmatic blue growth. **Marine Policy**, Amsterdam, v. 87, p. 331 – 339, Jan. 2018.

BUSCH, K. W.; BRUSCH, M. A.; PARKER, D. H.; DARLING, R. E.; MCATEE, J. L. Studies of a Water Treatment Device That Uses Magnetic Fields. **Corrosion**, Texas, v. 42, p. 211 – 221, Apr. 1986.

BUSH, S. R.; BELTON, B.; HALL, D.; VANDERGEEST, P.; MURRAY, F. J.; PONTE, S. Certify sustainable aquaculture? **Science**. Washington, v. 341, p. 1067-1068, Sept. 2013.

CHANG, S.E. Physiological and biochemical changes during the molt cycle in decapod crustaceans: an overview. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, Amsterdam, v. 193, p. 1 – 14, Nov. 1995.

CHENG, W., LIU, C., YAN, DA-FUN, CHEN, JIANN-CHU. Hemolymph oxyhemocyanin, protein, osmolality and electrolyte levels of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* in relation to size and molt stage. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 211, p. 325 – 339, Aug. 2002.

CHIBOWSKI, E.; HOTYSZ, L.; SZCEZS, A. Time dependent changes in zeta potential of freshly precipitated calcium carbonate. **Colloids and Surfaces**, Berlin, v. 222, p. 41 – 54, Jul. 2003.

CHRISTENSEN, C. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail., **Harvard Business Review Press**, Boston, 1997.

CHUENPAGDEE, R.; KOOIMAN, J.; PULLIN, R. Exploring governability in capture fisheries, aquaculture and coastal zones. **The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies**, Copenhagen, v. 7, no. 1, p. 1-20, Jan. 2008.

COEY, J. M. D. Magnetic water treatment. **Journal of Magnetism and Magnetica Material**, Amsterdam, v. 209, p. 71 – 74, Feb. 2000.

COLIC, M., MORSE, D. The elusive mechanism of the magnetic memory of water. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, Amsterdam, v. 154, p.167 – 174, Aug. 1999.

CSAVAS, I. Important factors in the success of shrimp farming. **World Aquaculture**, Virginia, v. 25, p. 34 – 56, Mar. 1994.

DALL, W. Studies on the physiology of a shrimp, *Metapenaeus sp.* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). III. Composition and structure of the integument. **Aust. J. Mar. Freshwater Res.**, Camberra, v. 16, p. 13 – 23, Jan. 1965.

DEB, A. K. Fake blue revolution: environmental and socio-economic impacts of shrimp culture in the coastal areas of Bangladesh. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 41, p. 63 – 88, Oct. 1998.

DHAWI, F., AL-KHAYRI, J.M., HASSAN, E. Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). **Res. J. Agric. Biol. Sci.**, Amman, v. 5, p. 161 – 166, Jan. 2009.

DOTÉ-SÁ, T.; SOUSA, R. R.; ROCHA, I. R. C. B.; LIMA, G. C.; COSTA, F. H. F. Brackish shrimp farming in Northeastern Brazil: the environmental and socio-economic impacts and sustainability. **Natural Resources**, Aracajú, v. 4, p. 538 – 550, Dec. 2013.

ESITKEN, A., TURAN, M. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria xananassa* cv. Camarosa). **Soil Plant Sci.**, Stockholm, v. 54, p. 135 – 139, Feb. 2004

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2002**. Roma, FAO. 2002. 159 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2012**. Roma, FAO. 2012. 209 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2014**. Roma, FAO. 2014. 229 p.

FAO. Report of the seventh meeting of the RECOFI Working Group on Aquaculture. Doha, 26-28 de abril de 2016. **Informe de Pesca y Acuicultura de la FAO** n.º 1156. Roma FAO, 2016.

FAO. La alimentación y la agricultura. **Acciones para impulsar el programa de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible**. Roma, FAO. 2017.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018**. Roma, FAO. 2018. 250 p.

FLEGEL, T. W. The right to refuse revision in the genus *Penaeus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 264, p. 2 – 8, Apr. 2007.

FREITAS, A. M. B.; LANDGRAF, F. J. G.; NYVLT, J.; GIULIETTI, M. Influence of Magnetic Field in the Kinetics of Crystalization of Diamagnetic and Paramagnetic Inorganic Salts. **Cryst. Res. Technol.**, *s.l.*, v. 34, p. 1239 – 1244, Dec. 1999.

GABRIELLI, C.; JAOUHARI, R.; MAURIN, G.; KEDDAN, M. Magnetic water treatment for scale prevention. **Water Research**, Delft, v. 35, p. 3249 – 3259, Sep. 2001.

GOLDSWORTHY, A.; WHITNEY, H., MORRIS, E. Biological effects of physically conditioned water. **Water Research**, Delft, v. 33, p. 1618 – 1626, May 1999.

GREENAWAY, P. Calcium balance at the post-moult stage of the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). **J. Exp. Biol.**, Bethesda, v. 61, p. 35-45, Aug. 1974.

GUSMÃO, J. **Sistemática molecular e genética populacional de espécies brasileiras de camarão (Penaeus: Decapoda: Penaeidae)**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. 120 p.

HADIJIMICHAEL, M., BRUGGEMAN, A., LANGE, M. A. Tragedy of the few? A political ecology perspective of the right to thesea: The Cyprus marine aquaculture sector. **Marine Policy**, Amsterdam, v. 49, p. 12 – 19, Apr. 2014.

HARARI, M., LIN, I. Growing muskmelons with magnetically treated water. **Wat. Irrig. Rev.**, *s.l.*, v. 09, p. 4 – 7, 1989.

HASSAN, S. D., SULAIMAN, M. A., RAHMAN, R. A., KAMARUDDIN, R. Effects of long term and continuous magnetic field exposure on the water properties, growth performance, plasma biochemistry and body composition of tilapia in a recirculating aquaculture system. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 83, p. 76 – 84, Nov. 2018.

HATANAKA, M.; BAIN, C.; BUSCH, L. Third-party certification in the global agrifood system. **Food Policy**, Amsterdam, v. 30 no. 3, p. 354-369, Mar. 2005.

HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios Integrados de Zoologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, Rio de Janeiro, 2004.

HIGASHITANI, K.; ISERI, H.; OKUHARA, K.; KAGE, K.; HATADE, S. Magnetic Effects on Zeta Potential and Diffusivity of Nonmagnetic Colloidal Particles. **Journal of Colloids and Interface Science**, Amsterdam, v. 172, p. 383 – 388, Jun. 1995.

HIGASHITANI, K. KAGE, A., KATAMURA, S. IMAI, K. Effects of a magnetic field on the formation of CaCO₃ particle. **Journal of Colloid Science**, Amsterdam, v. 156, p. 90 – 95, Mar. 1993.

IBGE. **Produção Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, v. 42, 2014. p. 1 – 39.

IBGE. **Produção Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, v. 44, 2016. p. 1 – 51.

ISLAM, M.S., From pond to plate: towards a twin-driven commodity chain in Bangladesh shrimp aquaculture. **Food Policy**, Amsterdam, v. 33, p. 209 – 223, Jun. 2008.

ISLAM, M.S., WAHAB, M.A., TANAKA, M. Seed supply for coastal brackishwater shrimp farming: environmental impacts and sustainability. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 48, p. 7 – 11, Jan. 2004.

ISLAM, M.S, BRADEN, J.B. Bio-economic development of floodplains: farming versus fishing in Bangladesh. **Environment and Development Economics**, New York, v. 11, p. 95 – 126, Feb. 2006.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. Evolution and Agriculture, In: KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. (Eds). **Water relations of plants and soils**. San Diego, p. 377 – 404, 1995.

KZREMIENIEWSKI, M., DEBOWSK, M.; DOBRZYNSKA, A.; ZIELINSKI, M. Chemical Oxygen Demand Reduction of Various Wastewater Types Using Magnetic Fields-Assited Fenton Reaction. **Water Environment Research**, Alexandria, v. 76, p. 301 – 309, Jul. 2004a.

KZREMIENIEWSKI, M., TEODOROWICZ, M., DEBOWSK, M., PESTA, J. Effect of a constant magnetic field on water quality and rearing of European sheatfish *Silurus glanis* L. larvae. **Aquaculture Research**, New Jersey, v. 35, p. 568 – 573, Apr. 2004b.

LAZARENKO, L. N., ZHURAVLEV, P. D. Influence of Magnetic Water Treatment Conditions on the Quality Concrete Based Thereon. **Eletronaya Obrabotka Materialov**, *s.l.*, v. 01, p. 87 – 89, 1985.

LEBEL, L., TRI, N.H., SAENGNOREE, A., PASONG, S., BUATAMA, U., THOA, L.K. Industrial transformation and shrimp aquaculture in Thailand and Vietnam: pathways to ecological, social and economic sustainability? **Ambio**, New Jersey, v. 31, p. 311 – 323, Jun. 2002.

LEVY, D., HOLZER, Z., BROSH, A., ILAN, D. A note on the effect of magnetically treated drinking water on the performance of fattening cattle. **Agricultural Research Organization**, Israel, v. 3057, p. 23 – 34, 1990.

LIGHTNER, D. V.; REDMAN, R. M. Shrimp diseases and current diagnostic methods. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 164, p. 201 – 220, Jun. 1998.

LIGHTNER, D. V.; PANTOJA, C. R.; POULOS, B. T.; TANG, K. F. J.; REDMAN, R. M.; ANDREAS, T.; BONAMI, J. R. Infectious myonecrosis (IMN): a new virus disease of *Litopenaeus vannamei*. In: **Abstract Book of Aquaculture 2004**, Honolulu, p. 353, 2004.

LIN, I. J.; YOTVAT, J. Exposure of irrigation and drinking water to a magnetic field with controlled power and direction. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Amsterdam, v. 83, p. 525 – 526, Jan. 1990.

MANSO, P. R. J. Produção em cativeiro de larvas de camarão marinho *Litopenaeus vannamei*: influência do campo magnético sobre a metamorfose e sobrevivência larval. **Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, p. 161, 2006.

MARTÍNEZ, M. L., INTRALAWAN, A., VÁZQUEZ, G., PÉREZ-MAQUEO, O., SUTTON, P. Y LANDGRAVE, R. The coasts of our world: ecological, economic and social importance. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 63, p. 254 – 272, Aug. 2007.

MOLES, P.; BUNGE, J. **Shrimp Farming in Brazil: An Industry Overview**. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 2002. 26 p.

MUANGKEOW, B.; IKEJIMA, K.; POWTONGSOOK, S.; YI, Y. Effects of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., stocking density on growth, nutrient conversion rate and economic return in integrated closed recirculation system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, p. 363–376, Sept. 2007.

NATORI, M. M.; SUSSEL, F. R.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C.; VIEGAS, E. M. M.; GAMEIRO, A. H. Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo:

avanços tecnológicos e desafios. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, p. 61–73, Fev. 2011.

NEILAND, A.E., SOLEY, N., VARLEY, J.B., WHITMARSH, D.J. Shrimp aquaculture: economic perspectives for policy development. **Marine Policy**, Amsterdam, v. 25, p. 265 – 279, Jul. 2001.

NETO, G. B., NOGUEIRA, J. R., PINHEIRO, M. G., JUNIOR, F. B., LOPES, M. C. S. Efeito da água magnetizada no hemograma, perfil bioquímico sérico, hemogasometria, produção e composição do leite de vacas Jersey. **APTA/SAA**. São Paulo, p. 25, 2012.

NUNES, A. J. P.; ROCHA, I. P. Overview and latest developments in shrimp and tilapia aquaculture in Northeast Brazil. **World Aquaculture**, Virginia, v. 6, p. 10 – 17, Jun. 2015.

OSHITANI, J., HIGASHITANI, K. Magnetic effects on thickness of adsorbed layer in aqueous solutions evaluated direct by atomic force microscope. **Journal of Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 204, p. 363 – 368, Aug. 1998.

OSTRENSKY, A., BORGHETTI, J.R., SOTO, D. **Estudo setorial para consolidação de uma aquicultura sustentável no Brasil**. Curitiba, p. 279, 2007.

OZEKI, S., MIYAMOTO, J., ONO, S., WAKAI, C., WATANABE, T. Water–Solid Interactions under Steady Magnetic Fields: Magnetic-Field-Induced Adsorption and Desorption of Water **J. Phys. Chem.**, Washington, v. 100, p. 4205 – 4212, Mar. 1996.

OZEKI, S., OTZUKA, J. Transient oxygen clathrate-like hydrate and water networks induced by magnetic fields. **J. Phys. Chem. B.**, Washington, v. 110, p. 20067 – 20072 , Oct. 2006.

PARSONS, A.; WANG, B. L.; JUD, S. J.; STEPHENSON, T. Magnetic Treatment of Calcium Carbonate Scale – Effect of pH Control. **Water Research**, Amsterdam, v. 31, p. 339 – 342, Feb. 1997.

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, p. 309 – 321, Feb. 1999.

PONCE-PALAFOX, J.T., RUIZ-LUNA, A., CASTILLO-VARGASMACHUCA, S., GARCÍA-ULLOA, M., ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. Technical, economics and environmental analysis of semi-intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in Sonora, Sinaloa and Nayarit states, at the east coast of the Gulf of California, México. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 54, p. 507 – 513, Jul. 2011.

PORTO, M. E. G. Alterações das propriedades biológicas e físico-químicas da água induzidas por campos magnéticos. **Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química)**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p.112, 1998.

POULOS, B. T.; TANG, K. F. J.; PANTOJA, C. R.; BONAMI, J. R.; LIGTHNER, D. V. Purification and characterization of infectious myonecrosis virus of penaeid shrimp. **Journal of General Virology**, London, v. 87, p. 987 – 996, Nov 2006.

- RANA, K. J. **Guidelines on the Collection of Structural Aquaculture Statistics. Supplement to the Programme for the world census of agriculture 2000.** FAO Statistical Development Series, 5b, FAO, Rome, p. 56, 1997.
- ROCHA, I. P. Current status and trends in Brazilian shrimp farming. **Infofish International**, Ohio, v. 5, p. 24 – 28, Sept. 2011.
- ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J.; AMORIM, L. A carcinicultura brasileira em 2003. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC**, *s.l.*, v. 1, p. 30 – 36, 2004.
- ROCHA, I. P.; BORBA, M. G.; MOURA, M. J. N. O censo da carcinicultura em 2011. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC**, *s.l.*, v. 1p. 24 – 28, , 2013.
- ROCHA, I. R. C. B.; DOTE-SÁ, T.; SOUSA, R. R.; LIMA, G. C.; CÉSAR, J. R. O.; COSTA, F. H. F. Technical and Environmental Analysis of Shrimp Farming in the Coreau River Estuary, Ceará State, Brazil. **J. Aquac. Res. Development.**, Los Angeles, v. 6, p. 1 – 7, Jun 2015.
- RODRIGUES, J. Carcinicultura marinha – Desempenho em 2004. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC**, *s.l.*, v. 2, p. 38 – 44, 2005.
- ROSENBERRY, B. **Directory of the Shrimp Industry in the Western Hemisphere.** 9434 Kearny Mesa Road, San Diego, CA 92126, USA, 1995.
- SHCKORBATOV, Y., RUDNEVA, I., PASIUGA, V., GRABINA, V., KOLCHIGIN, N., IVANCHENKO, D., KAZANSKIY, O., SHAYDA, V. Eletromagnetic field effects on *Artemia* hatching and chromatin state. **Central European Journal of Biology**, Berlin, v. 5, p. 785 – 790, Dec. 2010.
- STEAD, S. M. A comparative analysis of two forms of stakeholder participation in European aquaculture governance: self-regulation and integrated coastal zone management. In: Grey, T. S. (Ed.), **Participation in Fisheries Governance**. 1. ed. Dordrecht: Springer, p. 179 – 192, 2005.
- SUBASINGHE, R. Regional review on status and trends in aquaculture development in Asia-Pacific – 2015. **Circular de pesca y acuicultura de la FAO**, Roma, v. 1061/5, 2017.
- TACON, A.G.J., FORSTER, I.P. Global trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millennium. **International Aquafeed Directory and Buyers' Guide**, Rickmansworth, v. 37, p. 4 – 25, 2001.
- TANG, J., ZHAO, W., CHI, J., LIU, G., YU, X., BIAN, L. Effects of magnetic treatment on growth and immune and digestive enzyme activity in the juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 435, p. 437 – 441, Jan. 2015.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. Ed. Sunderland: Sinauer Associates, Sunderland, p. 792, 1998.

UENO,S.; IWASAKA,M. Parting of water by magnetic fields. **IEEE Trans. Magn.**, Jiangsu, v. 30, p. 4698 – 4700, Dec. 1994.

VANDERGEEST, P. Certification and communities: alternatives for regulating the environmental and social impacts of shrimp farming. **World Development**, Amsterdam, v. 35, p. 1152 – 1171, Jul. 2007.

WORLD SHRIMP FARMING, In: ROSENBERRY, B. (Ed.), **Shrimp News International**, San Diego, 1995.

WYBAN, J. A.; SWEENEY, J. N. Intensive Shrimp Production Technology. **High Health Aquaculture Inc.**, Hawaii, p. 158, 1991.