



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

LARISSA LIBERALINO MARQUES

**CULTIVO DE CAMARÃO MARINHO (*Penaeus vannamei*) E DE PLANTAS
HALÓFITAS (*Batis marítimas*, *Salicornia neei* E *Sesuvium portulacastrum*), EM
SISTEMA AQUAPÔNICO, COM VARIAÇÃO DE SALINIDADE NA ESTAÇÃO
CHUVOSA**

FORTALEZA

2023

LARISSA LIBERALINO MARQUES

CULTIVO DE CAMARÃO MARINHO (*Penaeus vannamei*) E DE PLANTAS
HALÓFITAS (*Batis marítimas*, *Salicornia neei* E *Sesuvium portulacastrum*), EM SISTEMA
AQUAPÔNICO, COM VARIAÇÃO DE SALINIDADE NA ESTAÇÃO CHUVOSA

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

Orientador: Prof.a Dr.a Carminda Sandra Brito
Salmito-Vanderley

Coorientador: Prof. Dr. Oriel Herrera Bonilla's

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

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

M319c Marques, Larissa Liberalino.
Cultivo de camarão marinho (*Penaeus vannamei*) e de plantas halófitas (*Batis maritima*, *Salicornia neei* e *Sesuvium portulacastrum*), em sistema aquapônico, com variação de salinidade na estação chuvosa / Larissa Liberalino Marques. – 2023.
48 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Carminda Sandra Brito Salmito - Vanderley.

Coorientação: Prof. Dr. Oriel Herrera Bonilla's.

1. Aquaponia. 2. Salinidade. 3. Carcinicultura. 4. Hidroponia. I. Título.

CDD 639.2

LARISSA LIBERALINO MARQUES

CULTIVO DE CAMARÃO MARINHO (*Penaeus vannamei*) E DE PLANTAS
HALÓFITAS (*Batis marítimas*, *Salicornia neei* E *Sesuvium portulacastrum*), EM SISTEMA
AQUAPÔNICO, COM VARIAÇÃO DE SALINIDADE NA ESTAÇÃO CHUVOSA

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

Aprovada em: 31 / 04 /2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof.a Dr.a Carminda Sandra Brito Salmito-Vanderley (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior, o programa de bolsistas, pela bolsa de pesquisa, sem qual não seria possível a execução desse trabalho.

A professora doutora Carminda Sandra Brito Salmito-Vanderley, pela qualidade e importante orientação, estimulando sempre para enriquecimento da minha vida profissional e colaborando com todos os requisitos possíveis de elaboração do projeto.

Ao professor doutor Oriel Herrera Bonilla's, por fornecer conhecimento e conselhos ao longo de todo esse projeto, e principalmente pela a oportunidade de execução de um trabalho vindo de seus ensinamentos.

Ao professor doutor Aldeney Andrade Soares Filho por ajudar quando solicitado na execução do projeto, me ajudando na compreensão dos resultados obtidos e enriquecendo ainda mais meu conhecimento na área.

A banca Examinadora por fornecer, sugestões para o melhoramento e enriquecimento do trabalho.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pelo o aporte financeiro disponibilizado para auxiliar na realização do trabalho.

Aos Bolsistas e Estagiários do Laboratório de Ecologia da UECE – LABOECO e do laboratório de Biotecnologia da Reprodução de Peixes – LBRP, pela ajuda constante, amizade e incentivo constante durante minha permanência no laboratório.

Ao senhor Antônio Cesar Camelo por toda colaboração durante a execução do projeto.

Aos meus amigos da faculdade, pela a amizade, ajuda e apoio que me deram sempre que precisei solicita-los.

A minha mãe Daniele Brito Liberalino que sempre me apoiou e incentivou nos meus estudos, me apoiou nos momentos mais difíceis e sempre acreditou no meu potencial.

Ao meu esposo Abiathar Santos Machado Pontes, que sempre me incentivou e ajudou nas idas e vindas constantes na faculdade.

RESUMO

A aquicultura cresce mais rapidamente do que outros grandes setores de produção de alimentos. A carcinicultura é um importante segmento aquícola, sendo que o cultivo do camarão marinho *Penaeus vannamei* contribui com 52,9% da produção de crustáceos no mundo. Objetivo deste trabalho foi estudar a influência e aproveitamento dos nutrientes provenientes da água do cultivo de camarão *Penaeus vannamei*, pelas as plantas *Batis marítimas*, *Salicornia neei* e *Sesuvium portulacastrum*, visando sua produção em sistema aquapônico, durante a estação chuvosa. No total de 208 Camarões *P. vannamei* de 1,2 g foram cultivados em caixas de 53 litros (16 caixas;13 animais/caixa), em sistema de aquaponia com três tipos de plantas halófitas, ou sem as plantas, durante 55 dias na época chuvosa. Foram realizados quatro tratamentos, com quatro repetições cada: salinidade 5‰ com e sem plantas; 25‰ com e sem plantas. A qualidade de água foi avaliada, assim como o crescimento das plantas e os índices zootécnicos do camarão. No presente trabalho, a concentração média de oxigênio nos tanques de cultivo foi de $5,32 \pm 0,26 \text{ mg.L}^{-1}$. Levando em consideração os dois níveis de salinidade, 5‰ e 25‰, em estudo a presença do sistema aquapônico não afetou a concentração de oxigênio dissolvido na água. Logo os parâmetros pH, salinidade e oxigênio não apresentaram diferenças significativas quando apresentados dentro da mesma salinidade no caso 5‰, apenas os parâmetros pH e temperatura sofreram uma influência na salinidade de 25‰. As plantas halófitas do presente estudo foram analisadas, avaliando o crescimento de todas elas dentro da mesma salinidade, no caso 5‰, apresentando assim uma diferença significativa ($p \leq 0,05$), com um maior crescimento observado para a espécie *S. portulacastrum*, com uma média de 21,6 cm, seguida por *B. marítima* e *S. neei*, esta apresentou menor crescimento. O camarão apresentou uma maior sobrevivência nos tanques de maior salinidade 25‰ sem a presença das plantas (57,15%; $\leq 0,05 \leq 0,05$), porém a maior biomassa final foi encontrada na salinidade 25‰ em consórcio com as plantas (713,39 g.m³; $p \leq 0,05$). Nas condições experimentais deste trabalho, conclui-se que o uso da aquaponia com água de cultivo de *P. vannamei* é eficiente para a produção das três plantas halófitas (*S. portulacastrum*, *S. neei* e *B. marítima*), sendo especialmente indicado a salinidade 25‰ para produção da espécie *S. portulacastrum*, a nesta salinidade com associação de plantas, mostrando-se também eficiente para a produção do *P. vannamei*.

Palavras-chave: aquaponia; salinidade; carcinicultura; hidroponia.

ABSTRACT

Aquaculture is growing faster than other major food production sectors. Shrimp farming is an important aquaculture segment, with the cultivation of marine shrimp *Penaeus vannamei* contributing to 52.9% of crustacean production in the world. The objective of this work was to study the influence and use of nutrients from the water of the cultivation of shrimp *Penaeus vannamei*, by the plants *Batis maritimes*, *Salicornia neei* and *Sesuvium portulacastrum*, aiming at their production in aquaponic system, during the rainy season. For this purpose, 208 *P. vannamei* Shrimp weighing 1.2 g were cultivated in 53-liter boxes (16 boxes; 13 animals/box), in an aquaponics system with three types of halophyte plants, or without the plants, for 55 days at the time rainy. Four treatments were performed, with four replications: salinity 5‰ with and without plants; 25‰ with and without plants. Water quality was evaluated, as well as plant growth and shrimp zootechnical indices. In the present work, the average oxygen concentration in the culture tanks was $5.32 \pm 0.26 \text{ mg.L}^{-1}$. Taking into account the two salinity levels, 5‰ and 25‰, in a study the presence of the aquaponic system did not affect the concentration of dissolved oxygen in the water. Therefore, the pH, salinity and oxygen parameters did not present significant differences when presented within the same salinity in the 5‰ case, only the pH and temperature parameters suffered an influence on the salinity of 25‰. The halophyte plants of the present study were analyzed, evaluating the growth of all of them within the same salinity, in the case 5‰, thus presenting a significant difference ($p \leq 0.05$), with a greater growth observed for the species *S. portulacastrum*, with an average of 21.6 cm, followed by *B. maritime* and *S. neei*, the latter showed the lowest growth. Shrimp showed greater survival in tanks with a higher salinity of 25‰ without the presence of plants (57.15%; $p \leq 0.05$), but the highest final biomass was found in salinity of 25‰ in association with plants (713, 39 g.m³; $p \leq 0.05$). In the experimental conditions of this work, it is concluded that the use of aquaponics with *P. vannamei* cultivation water is efficient for the production of the three halophyte plants (*S. portulacastrum*, *S. neei* and *B. maritime*), being especially indicated the salinity 25‰ for the production of the species *S. portulacastrum*, and at this salinity with association of plants it is also efficient for the production of *P. vannamei*.

Keywords: aquaponics; salinity; shrimp farming; hydroponics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Estrutura que será utilizada para o cultivo das plantas construída em cano PVC.....	20
Figura 2 -	Detalhes do tanque de criação de camarão.....	21
Figura 3 -	Bico adaptador para a entrada de água dentro do sistema de canos PVC.....	21
Figura 4 -	Bomba submersa utilizada, para bombear a água das caixas que contém camarão para as estruturas de PVC, que comportam as plantas.....	22
Figura 5 -	Área utilizada para realização do experimento, coberta com sombrite..	22
Figura 6 -	Planta halófitas.....	23
Figura 7 -	<i>Batis maritima</i>	24
Figura 8 -	<i>Salicornia neei</i>	24
Figura 9 -	Estrutura para o cultivo das plantas.....	25
Figura 10 -	Distribuição das plantas na estrutura de cultivo.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Concentração de oxigênio dissolvido (O ₂), pH, temperatura (°C) e salinidade da água de cultivo de camarão marinho (<i>Litopenaeus vannamei</i>) em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).....	28
Tabela 2 -	Concentração de amônia, nitrito, nitrato, alcalinidade e fósforo na água de cultivo do camarão marinho (<i>Litopenaeus vannamei</i>), em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).....	29
Tabela 3 -	Altura das espécies de plantas halófitas, em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).....	31
Tabela 4 -	Peso úmido das espécies de plantas halófitas, em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).....	31
Tabela 5 -	Desempenho zootécnico do camarão marinho (<i>Penaeus vannamei</i>) em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Aquicultura	10
1.2	<i>Penaeus vannamei</i>	10
1.3	Impactos Ambientais	11
1.4	Tecnologias Sustentáveis na Aquicultura	12
1.5	Aquaponia	13
1.5.1	<i>Aquaponia marinha com o uso de plantas halófitas</i>	15
1.5.1.1	<i>Batis marítima</i>	15
1.5.1.2	<i>Salicornia neei</i>	16
1.5.1.3	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	17
2	METODOLOGIA	19
2.1	Delineamento Experimental	19
2.1.1	<i>Aclimação e coleta dos camarões P. vannamei</i>	19
2.1.2	<i>Aclimação e coleta B. marítima, S. neei e S. portulacastrum</i>	20
2.2	Estruturas de cultivo para plantas, tanques de criação de camarão e acessórios	20
2.2.1	<i>Tratamentos</i>	20
2.2.2	<i>Estrutura de cultivo das plantas</i>	20
2.2.3	<i>Estrutura de cultivo dos camarões e acessórios</i>	21
2.3	Sistema de Cultivo dos Camarões, Coleta de Dados e Cálculos	23
2.4	Preparo das Mudanças, Cultivo e Coleta de Dados	24
2.5	Determinação das Variáveis Físico-Químicas das Águas	27
2.6	Análises Estatísticas	27
3	RESULTADOS	29
3.1	Qualidade de água nos sistemas de cultivo	29
3.2	Desempenho das plantas	31
3.3	Desempenho zootécnico dos camarões	33
4	DISCUSSÃO	35
4.1	Qualidade de água	35
4.2	Desempenho das plantas	39
4.3	Desempenho zootécnico dos camarões	41

5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aquicultura

A produção de pescado em 2018 foi de 176 milhões de toneladas, sendo que 87% dessa produção foi para o consumo humano. A produziu 82,1 milhões de toneladas e o restante pela pesca marinha e de água doce. A China se destaca no cenário mundial como o maior produtor, com destaque para a carpa (*Ctenopharyngodon idella*) que é a espécie de peixe mais cultivada e o camarão branco (*Penaeus vannamei*) a espécie de crustáceo. O Brasil figura como o 13º maior produtor de pescado oriundo da aquicultura (FAO, 2020), cuja produção de *P. vannamei* ficou em torno de 77 mil toneladas, em 2020 (VALENTI *et al.*, 2021).

O Brasil tem uma posição importante na área da carcinicultura sendo um dos principais produtores de camarão da América do Sul, e tendo uma grande e relevante participação em âmbito mundial. A região Nordeste do Brasil tem a maior parte da produção nacional com 99,4% do total produzido (FAO, 2020).

A carcinicultura se desenvolveu no Nordeste brasileiro, devido a região possuir condições favoráveis para a criação de camarões, tais como: temperaturas da água, disponibilidade de recursos naturais de boa qualidade, topografia favorável, além de ter sido a pioneira em estudos técnicos que visaram a implantação e desenvolvimento da atividade no país (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Embora a atividade enfrente muitas dificuldades no Brasil, como as enfermidades, as questões ambientais e o comércio em geral do produto, o setor busca sempre melhorias para seu desenvolvimento utilizando-se novas tecnologias e mostrando cada vez mais seu potencial (ABCC, 2017).

1.2 *Penaeus vannamei*

Os peneídeos possuem uma grande importância comercial em todo o mundo, com destaque para o *P. vannamei*, a espécie mais cultivada na América Latina e na Ásia. É um animal onívoro, que se alimenta de fitoplâncton e de zooplâncton nos seus estágios larvais e pós-larval, possui eficiente sistema de osmorregulação, portanto, eurihalina, se adaptando muito bem as variações de salinidade, além de apresentar grande rusticidade, desempenho zootécnico satisfatório, uma menor exigência por proteína, e por ser onívora, baixa agressividade, ainda, tecnologias de cultivo já definidas (COZER; ROSSI, 2016; MEDEIROS,

2015). As maiores taxas de crescimento foram observadas em cultivos com salinidades entre 25 a 30 ppt e temperaturas entre 23 e 30 °C (COZER; ROSSI, 2016).

A reprodução, em ambiente natural, ocorre em zonas marinhas e os ovos e larvas são planctônicos. No estágio pós-larval a espécie passa do estágio planctônico para o bentônico, sendo que durante essa transição ela deixa o ambiente marinho e migra para um ambiente de estuário, onde permanece durante toda a sua fase juvenil, após o que, os animais voltam para o ambiente marinho, para completar seu ciclo vital. É um camarão que se destaca por apresentar alta adaptabilidade às condições climáticas brasileiras e um crescimento acelerado (COZER; ROSSI, 2016).

1.3 Impactos Ambientais

A exposição frequente a diversos problemas tanto econômico como político das comunidades pesqueiras, que tem sua sobrevivência agregada ao mangue, acarreta a degradação e diminuição das áreas propícias para a pesca nessas regiões. Muitas atividades estão ligadas ao uso do solo nestas regiões ocasionando prejuízos ambientais a esses ecossistemas, as quais são facilitadas pelo acesso fácil acesso as regiões de seu entorno ou até mesmo as áreas internas do manguezal. Logo, ao realizar a implantação de alguma atividade econômica, deve-se levar em consideração a possível degradação desses ambientais naturais, visando a diminuição de problemas sócio ambientais e de degradação desses ambientes (BRASIL, 2018).

A indústria de camarão possui um grande destaque quando se trata das atividades que acarretam problemas socioambientais e de degradação dos manguezais, como também está ocasiona a insustentabilidade social, econômica e ambiental. O cultivo de camarão é uma atividade praticada em diversos lugares do mundo, principalmente na Ásia e na América Latina devido as regiões de estuário possuir condições climáticas favoráveis (CARVALHO; MARTINS, 2017).

Por outro lado, o *P. vannamei* no Brasil é uma espécie exótica que foi introduzida em vários locais, cujo cultivo acelerou o setor produtivo, com um crescimento dos empreendimentos, principalmente em locais no interior dos manguezais (JERONIMO; BALBINO, 2012).

O incremento da atividade tem sido apontado como a principal causa dos impactos ambientais, pois gerou um aumento no número de áreas propícias para o crescimento das fazendas, para atender as diferentes etapas de produção, ocorrendo assim a destruição das áreas de manguezais para a transformação de planícies em viveiros. Além disso, no final do processo

produtivo ocorre o descarte de efluentes com elevados riquíssimos em nutriente, causando uma eutrofização pontual. Nessas etapas, os riscos de impactos ambientais também são bastante acentuados, destacando-se a fuga de animais e o lançamento metabissulfito de sódio, um composto bastante tóxico, no ambiente (DIAS; SOARES; NEFFA, 2012; TANCREDO *et al.*, 2011).

De acordo com a Lei 12.651/2012, as fazendas para carcinicultura devem se estabelecer em áreas elevadas e com alto teor de salinidade como os apicuns ou salgados para realizarem a atividade (BRASIL, 2012). No entanto, o que se observa é a instalação de inúmeras fazendas na região de manguezais, destruindo a vegetação, o que causa uma degradação mais intensa e descontrolada dos ecossistemas costeiros (TANCREDO *et al.*, 2011).

No Brasil, a legislação sobre o setor da carcinicultura surgiu quando uma grande quantidade de empreendimentos já estava fixa, exercendo a atividade, isso ocasionou um retardo no trabalho dos produtores para terem que voltar a exercer a atividade dentro das normas, estabelecidas por parte dos órgãos reguladores (D'ANGELIS; MOURA, 2016). A carcinicultura juntamente com o inadequado desenvolvimento costeiro, gerou uma destruição significativa nas áreas de manguezais e 25% desse ecossistema podem já ter sido extinto no país (BRASIL, 2018).

1.4 Tecnologias Sustentáveis na Aquicultura

A aplicação de novas tecnologias para o melhoramento da qualidade da água, a ocorrência de um cultivo sustentável e uma preservação dos recursos hídricos podem promover um, desenvolvimento mais responsável da aquicultura. Os filtros biológicos estão sendo bastante utilizados para a remoção de compostos tóxicos em sistemas com recirculação de água, como na aquaponia, com a produção de hortaliças, buscando minimizar os problemas relacionados a escassez de água, bem como os cultivos com bioflocos (BFT) no qual não ocorre a renovação de água e a liberação de efluentes para o meio ambiente, durante o cultivo, podendo utilizar elevadas densidades de estocagem dos animais (SOROMENHO *et al.*, 2018).

De acordo com a publicação Fish Farming International, a aquicultura decorrente do Recirculating Aquaculture Systems (RAS) ou aquicultura em sistemas de recirculação representa hoje em torno de 4,5% do mercado mundial de pescado oriundo do cultivo, entretanto em 2030 este valor deverá alcançar algo próximo de 40% (SOARES *et al.*, 2015).

O cultivo integrado de alimentos com a hidroponia sistemas com recirculação de água e nutrientes denomina-se aquaponia, sendo assim uma alternativa para a produção de

alimentos de diversas maneiras bem menos impactante em relação ao meio ambiente, devido possuir características de sustentabilidade, tendo principalmente um baixo consumo hídrico e um bom reaproveitamento dos resíduos (MATEUS, 2009). Segundo Hundley e Navarro (2013) para que ocorra uma diminuição de perda de água e nutrientes o sistema mais indicação para a utilização visando esses critérios é a aquaponia.

No sistema aquapônico as sobras dos alimentos dos peixes e camarões, juntamente com a matéria orgânica proveniente das fezes desses animais, são decompostas pelas bactérias que liberam sais minerais e nutrientes simples, que serão transformados e utilizados como matéria orgânica pelos vegetais, sendo que, logo após a retirada de nutrientes pelas raízes das plantas, a água retorna aos tanques de cultivo dos animais (SCAGLIONE *et al.*, 2017).

A tecnologia utilizando bioflocos (Biofloc Technology – BFT) é bastante utilizada para diminuir e controlar o acúmulo de nitrito e amônia compostos estes que podem ser tóxicos para os organismos cultivados, tendo assim a possibilidade de se ter cultivos de animais sem a renovação de água, resultando na diminuição da emissão de efluentes possibilitando uma maior biossegurança (AVNIMELECH *et al.*, 2007).

Os sistemas que utilizam a recirculação de água, possui a possibilidade de cultivar espécies marinhas no interior, em áreas continentais, como o que ocorre com *P. vannamei*. A recirculação permite cultivar plantas em diferentes graus de salinidade, dependendo de quanto a água é reutilizada ou recirculada. Um fator importante e simples em um sistema de recirculação é o tratamento contínuo da água para que ocorra a retirada das excretas dos organismos cultivados no sistema, melhorando assim os parâmetros de qualidade de água para que se mantenham dentro dos padrões de produção e o desenvolvimento das espécies sejam atingidos negativamente (BREGNBALLE *et al.*, 2015).

1.5 Aquaponia

Aquaponia é definida como a integração da aquicultura com a hidroponia. Como o sistema tem por base a recirculação da água (Recirculation Aquaculture System - RAS), ele promove a minimização da geração de efluentes ricos em nutrientes e evita, assim, a eutrofização dos corpos d'água receptores (QUEIROZ *et al.*, 2017).

A necessidade de encontrar métodos de sistema de tratamento natural de efluentes dentro da aquicultura acompanhando o crescimento da atividade, tendo um baixo custo de produção e uma facilidade no acesso, como também reduzindo a dependência sobre os recursos naturais, fez com que surgisse uma proposta de sustentabilidade de produção de alimentos, por

meio da criação de tecnologias voltadas para preservação do meio ambiente, do uso da água e segurança alimentar (GODDEK *et al.*; 2015). Logo, levando em consideração esse contexto, o método de produzir organismos aquáticos utilizando a recirculação de água, integrado juntamente com o cultivo de hortaliças vem promover a eficiência no tratamento de efluentes, reduzindo os riscos de elevação dos nutrientes, além dos riscos de introdução de espécies exóticas em rios e lagos e erosão com o carregamento e sedimento para cursos d'águas naturais (ENDUT *et al.*, 2014).

Os efluentes produzidos nos cultivos aquícolas pelos animais, contêm nutrientes que quando em excesso podem ser prejudiciais aos organismos produzidos e ao meio ambiente, mas se tornam valiosos quando aproveitados da forma correta, principalmente por vegetais (BUHMANN; PAPENBROCK, 2013).

A aquaponia possui dois tipos de sistemas: um deles utiliza a recirculação de água juntamente com a produção de peixes e vegetais, gerando beneficiamento para ambos os produtos cultivados. O processo de simbiose que ocorre na natureza é o mesmo processo que ocorre dentro desse sistema de cultivo, em que os animais, tanto peixes quanto camarões, produzem compostos nitrogenados, e outros nutrientes que colaboram para as exigências dos vegetais. Dessa forma, os compostos produzidos são aproveitados pelos os vegetais para sua própria produção de biomassa, retirando estes compostos da água, tornando a água livre de resíduos para o ambiente novamente (HUNDLEY, 2013; LENNARD; GODDEK, 2019; WONGKIEW *et al.*, 2017).

A produção de vegetais e frutas irrigados com efluente do cultivo de camarões em baixa salinidade apresenta resultados positivos. Combinando o uso de efluentes da carcinicultura com fertilizante comercial foi possível produzir 12,4 t ha⁻¹ de pimentão e 9,9 t ha⁻¹ de brócolis (DUFAULT; KORKMAZ, 2000; DUFAULT; KORKMAZ; WARD, 2001). Miranda *et al.* (2008) concluíram que o efluente do cultivo de *P. vannamei* pode fornecer até 1/4 do nitrogênio necessário para a produção de melão. Portanto, a integração de sistemas de produção de alimentos pode reduzir insumos e desperdícios e aumentar os ganhos e a sustentabilidade (FAO, 2016).

De acordo com dados de estudos divulgados existe uma possibilidade de que no futuro, a aquicultura e a aquaponia possam desempenhar um papel importante no enfrentamento da demanda de alimentos de uma crescente população mundial (FAO, 2018).

1.5.1 Aquaponia marinha com o uso de plantas halófitas

O cultivo integrado com plantas halófitas, as quais possuem tolerância a amplas variações de salinidade, tem se tornado uma alternativa para produção de alimentos, devido a limitação quanto ao uso de água doce e o aumento da salinização dos solos. (KOTZEN *et al.*, 2019; VENTURA; SAGI, 2013). As características fisiológicas especiais e composição bioquímica, do grupo de plantas halófitas fazem com que estas tenham um grande potencial para diversas aplicações. Esses vegetais são bastante viáveis por serem capazes de realizar processos de ciclagem dos nutrientes das produções aquícolas, tendo assim sua capacidade de crescer em ambientes salinos (BUHMANN; PAPENBROCK, 2013; FLOWERS; COLMER, 2008).

Uma das novas tecnologias utilizadas dentro da área da aquaponia, é a utilização de água salgada. Os termos “maraponia significa aquaponia marinha, um cultivo utilizando água salgada e “haloponia” (derivada da palavra latina *halo* que significa sal; do inglês haloponics) tiveram semelhanças com a aquaponia utilizando água do mar ou água salobra (GUNNING; MAGUIRE; BURNELL, 2016; KOTZEN *et al.*, 2019).

1.5.1.1 Batis marítima

B. marítima é uma planta herbácea rasteira, com seu caule estriado, suas folhas suculentas e grossas com sua coloração variando entre o verde claro e o amarelo esverdeado. São encontradas em salinas com suas colônias de alta densidade, como também podem ser encontradas em regiões de água salobra e junto as áreas de manguezal (LONARD; JUDD; STALTER, 2011). Essas plantas podem ser encontradas em áreas de mangue que sofrem degradação intensa, pois são consideradas eficientes colonizadoras em áreas que passam por processos de recuperação de seu ambiente. Além disso, *B. marítima* tolera elevadas temperaturas e salinidades (TEUTLI-HERNÁNDEZ *et al.*, 2017). Cresce em áreas com eventuais alagamentos e em solos areno-argilosos das zonas costeiras submetidas a eventuais alagamentos.

A espécie serve de proteção de zonas costeiras e estabilização de substratos, bem como possui um valor nutritivo por conter 17,3% de proteína bruta e 25% de óleo, o uso de suas folhas em saladas, em Porto Rico e na medicina popular para o tratamento de gota, reumatismo, sangue e distúrbio de tireoide, fornecimento de nutrição e cobertura para animais selvagens, usada também para curar infecções cutâneas, na Península de Yucatán no México e

o fato de suas sementes serem ricas em aminoácidos como a lisina e metionina (LONARD; JUDD; STALTER, 2011).

Pode ser encontrada, ainda, em solos estritamente lodosos podendo depurar águas servidas ou ser usada em técnicas de fitorremediação. Essa técnica é uma eficiente ferramenta para tratamento de efluentes domésticos ou industriais ou na recuperação de solos salinos e sódicos tanto pela remoção consideráveis de sais quanto pela melhoria da estruturação do solo (LONARD; JUDD; STALTER, 2011).

Em áreas de mangues degradado, tem se observado a colonização inicial de plantas herbáceas dos gêneros *Salicornia*, *Sesuvium*, *Batis* e *Borrchia*. Estudos reforçam que tais espécies iniciais de colonização, conhecidas, em inglês, como “nurse plants”, podem influenciar positivamente o restabelecimento do manguezal, melhorando as condições físicas da área, aumentando a disponibilidade de nutrientes (MILBRANDT; TINSLEY, 2006) e, por conseguinte, podem acelerar o crescimento das plantas de mangue, sejam elas estabelecidas natural ou artificialmente por meio do plantio (MCKEE; ROOTH; FELLER, 2007).

1.5.1.2 *Salicornia neei*

A halófita costeira *S. neei*, anteriormente denominada *Sarcornia ambígua* (COSTA *et al.*, 2018; COSTA; KADEREIT; FREITAS, 2019), cresce em solos costeiros, inclusive alagados pela água do mar, onde a salinidade do solo pode variar de 16 a 55 dS.m⁻¹, e até mesmo hipersalinas (FREITAS; COSTA, 2014).

A espécie possui em suas características caules clorofilados cilíndricos, suculentos e segmentados, entretanto ocorre na natureza biótipos contrastantes, quanto à forma de crescimento do caule e sua coloração tendo predominância do verde ao vermelho (FREITAS; COSTA, 2014; DONCATO; COSTA, 2017). Costa e Neves (2006) descrevem que a coloração avermelhada dos brotos indica acumulação de compostos fenólicos, que ajudam a planta a se proteger do acúmulo de espécies reativas de oxigênio resultantes dos estresses hídrico, de salinização elevada do solo e da alta incidência de radiação ultravioleta.

A falta de água, a salinização e a falta de alimentos apropriados para o consumo humanos como também para a criação de animais geram insegurança alimentar, impossibilitando a sobrevivência e a estabilização da população no campo. A importância e a necessidade de estudar espécies vegetais adaptadas às condições do semiárido, especialmente aquelas que mostram adaptabilidade, tanto ao estresse hídrico como ao salino. Neste sentido a domesticação do aspargo marinho *S. neei* e seu cultivo no semiárido nordestino pode gerar uma

alternativa econômica pelos diversos usos que a planta apresenta, incluindo sua utilização em programas de fitorremediação de solos salinizados e na produção de biomassa para os rebanhos (COSTA; NEVES, 2006; BERTIN *et al.*, 2014; TIMM *et al.*, 2015).

1.5.1.3 *Sesuvium portulacastrum*

A espécie *S. portulacastrum* é uma planta herbácea facilmente encontrada em desenvolvimento na faixa litorânea, próxima as embocaduras de rios. Sua distribuição se dá por todas as regiões marinhas dos trópicos e subtropicais. É uma planta encontrada em toda a zona costeira brasileira. A raiz axial é bem desenvolvida, crescendo perpendicularmente à superfície do solo, chegando a atingir cerca de 2,20m; esse crescimento se deve a mobilidade do solo. As espécies de zona costeiras, apresentaram raízes bem maiores (DORES; LANGE, 2016).

O caule é dividido em aéreo e subterrâneo. O caule aéreo é formado por um eixo do qual partem ramos visivelmente divididos em nós e internós, os quais por sua vez, emitem ramos laterais e raízes adventícias. O caule possui uma textura suculenta e a partir do terceiro nó observa-se uma coloração avermelhada, devido a produção de uma substância chamada antocianina. No caule subterrâneo, as raízes adventícias também se originam nos nós e os ramos aéreos fixam-se no solo arenoso. Esse caule apresenta coloração amarela passando a parda nas regiões mais velhas do órgão (DORES; LANGE, 2016).

As folhas são simples, glabras, lisas, lineares e de ápice agudo e bordo inteiro. A suculência da lâmina foliar aumenta nos indivíduos que se aproximam da região atingida pela maré alta. A filotaxia é oposta-cruzada; o pecíolo é curto e sua base apresenta uma diminuta bainha. As flores são curtamente pediceladas. O cálice tem a cor verde e a corola apresenta coloração vermelho purpúreo (DORES; LANGE, 2016).

À medida que as flores envelhecem, a coloração das pétalas se altera, passando gradativamente para róseo claro. Os estames são numerosos e de comprimento igual ao do cálice. Em Atol das Rocas *S. portulacastrum* se desenvolve na faixa litorânea recebendo borrifos da maré alta. Das espécies que se desenvolvem próximas ao mar, ou que ficam submersas em maré alta, o caule e as folhas produzem uma grande quantidade de antocianina, chegando à mudança de coloração para vermelho intenso, como também são mais suculentas. (DORES; LANGE, 2016)

No campo de estudos das halófitas, essas plantas ainda podem ser bastante exploradas quando juntamente cultivadas com organismos aquáticos, como peixes e camarões, podendo trazer benefícios para ambos. Há muito o que esclarecer sobre elas, principalmente em

relação ao seu aproveitamento dos nutrientes provenientes da água de cultivo de camarões, e assim entender melhor sua ciclagem de nutrientes e seu crescimento, como também os benefícios que pode oferecer em cultivos integrados.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar a influência e aproveitamento dos nutrientes provenientes da água do cultivo de camarão *Penaeus vannamei*, pelas as plantas halófitas *Batis marítimas*, *Salicornia neei* e *Sesuvium portulacastrum*, visando sua produção em sistema aquapônico, durante a estação chuvosa. Ainda, analisar o desempenho semanal, em altura, biomassa inicial e final das plantas cultivadas nas salinidades 5,0 e 25,0‰, bem como, comparar o desempenho das plantas, entre as diferentes salinidades, verificar o desempenho zootécnico do camarão *P. vannamei*, no cultivo integrado com as plantas e avaliar os parâmetros físicos e químicos da água.

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento Experimental

O estudo foi realizado no Laboratório de Biotecnologia da Reprodução de Peixes (LBRP), as plantas halófitas utilizadas para o estudo foram cultivadas por 45 dias, no Centro de Estudos de Aquicultura Costeira (CEAQ), Instituto Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará. Os camarões da espécie *P. vannamei* para o estudo, também foram provenientes de cultivos já existentes no CEAQ, esses animais foram coletados ao atingirem um peso médio de $\pm 1,2$ gramas.

Após o período de cultivo das plantas e camarões, estes foram coletados e encaminhados ao (LBRP). O experimento foi finalizado em 55 dias.

Quanto aos camarões, estes foram aclimatados em caixas d'água de volume 500 litros, até que a água do cultivo atingisse os parâmetros desejados para o início do experimento. A água utilizada para o experimento foi a do Rio Pacoti, fertilizada e, proveniente dos tanques de cultivo do CEAQ.

A aclimação dos camarões ocorreu por 7 dias, até que a salinidade em estudo seja fosse alcançada, pois a água do CEAQ, possui uma salinidade maior do que a desejada, havendo assim uma diluição da água utilizando a água proveniente do poço da UECE. O processo de aclimação ocorreu nesse período para que os animais não ficassem estressados e esse estresse não interferisse no seu processo de desenvolvimento, após o início do experimento.

2.1.1 Aclimação e coleta dos camarões *P. vannamei*

Os camarões da espécie *P. vannamei* foram coletados em tanques de cultivo contendo o sistema *Biofloc Technology* (BFT), no Centro de Estudos de Aquicultura Costeira, onde ficaram até atingirem o peso médio de $\pm 1,2$ gramas. Após atingirem o peso ideal para o início do experimento, estes foram coletados e transportados em bombonas brancas de volume 1000 litros, juntamente com um sistema de aeração contendo mangueira e pedra porosa, para que não ocorresse mortalidades ao longo do transporte até o local onde foi realizado o experimento.

Posteriormente os animais foram aclimatados, utilizando-se a água do poço da UECE, ocorrendo uma diluição da água do transporte até que esta atingisse a salinidade desejada para o estudo. Assim após esse processo os animais passaram por uma biometria

inicial para obtenção do peso inicial (g) de cada indivíduo, para que posteriormente fossem transferidos para as caixas onde foi realizado o experimento.

2.1.2 Aclimação e coleta de *B. marítimas*, *S. neei* e *S. portulacastrum*

As plantas halófitas em estudo *B. marítimas*, *S. neei* e *S. portulacastrum* foram coletadas e armazenadas em bandejas para mudas em isopor e transportadas até a zona experimental localizada no Laboratório de Ecologia da UECE. As bandejas foram preenchidas com húmus, juntamente com um composto vermicular e na parte debaixo da bandeja foram colocadas folhas de jornal para evitar a saída de substrato. As plantas passaram por um processo de aclimação em torno de 45 dias, permaneceram nesse período em solução salina.

2.2 Estruturas de cultivo para plantas, tanques de criação de camarão e acessórios.

2.2.1 Tratamentos

Foram utilizados quatro tratamentos com quatro repetições:

- 4 tratamentos de salinidade 5‰, sem aquaponia (SSA5)
- 4 tratamentos de salinidade 25‰, sem aquaponia (SSA25)
- 4 tratamentos de salinidade 5‰, com aquaponia (SCA5)
- 4 tratamentos de salinidade 25‰ com aquaponia ((SCA25)

2.2.2 Estrutura de cultivo das plantas

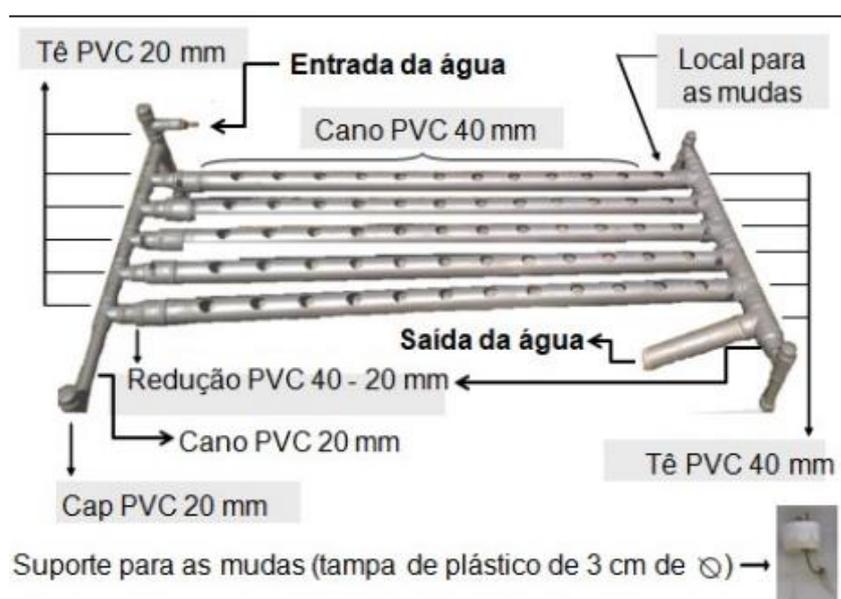
O sistema de aquaponia do experimento de bancada, constituiu de um tanque para a criação dos camarões e uma estrutura de cano PVC (Figura 1) para o cultivo das plantas. Peças acessórias foram inseridas nos tanques para a alimentação dos camarões, chamadas de bandejas de alimentação, oxigenação da água e recirculação da mesma. As estruturas foram feitas com canos PVC, para o cultivo das plantas halófitas em sistema de aquaponia.

Segundo Freire (2019) estruturas semelhantes às que foram utilizadas no presente trabalho, com suas confecções com canos e conexões PVC e acessórios foram provenientes e testados quanto a capacidade de enraizamento das mudas de halófitas. O comprimento (1 m e 1,2 m) e diâmetro (32 mm, 40 mm e 50 mm) dos canos e conexões (20 mm, 32 mm, 40 mm e 50 mm), distanciamento entre os canos dispostos paralelamente, tempo de fluxo da água, forma

de fixação das mudas das plantas nas estruturas e irrigação das mesmas foram alguns aspectos diferenciados entre as estruturas em teste.

Foram cinco tubos (Figura 1) dispostos paralelamente e conectados nas extremidades. Cada muda teve como base para enraizamento e cultivo uma tampa plástica de garrafa de 3 cm de diâmetro com um orifício no centro. Para a fixação das mudas na estrutura de cultivo foram feitas aberturas de 3 cm de diâmetro na parte superior do tubo com distanciamento de 6 cm uma da outra.

Figura 1 – Estrutura que foi utilizada para cultivo das plantas construída em cano de PVC, com tampão nas extremidades livres (cap) e com conexões, tê e de redução do cano de 40 para 20 mm.

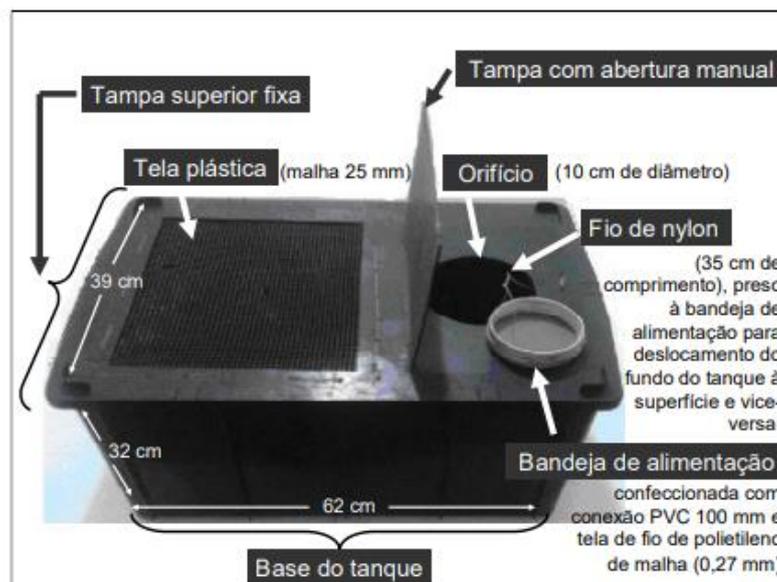


Fonte: Freire (2019).

2.2.3 Estrutura de cultivo dos camarões e acessórios

Para o cultivo dos camarões foram utilizados tanques (Figura 2), com formato retangular com capacidade de armazenamento de 61 litros de água, coloração preta e em material plástico de polipropileno, as tampas foram adaptadas, com a perfuração de dois orifícios. Em um dos orifícios foi instalada uma tampa com abertura manual para facilitar a oferta de ração aos camarões e, no segundo orifício este foi revestido com uma tela plástica para facilitar trocas gasosas na superfície do tanque.

Figura 2 – Detalhes do tanque de criação de camarão.



Fonte: Freire (2019).

O sistema de aeração dos tanques foi constituído por pedra porosa cilíndrica e mangueira de silicone conectada à base de um cano PVC por reguladores de ar. Em cada tanque se instalou uma pedra porosa submersa para a oxigenação da água. Um compressor radial foi o meio de onde saiu o ar comprimido.

Uma mangueira de silicone de ½ polegada de diâmetro foi conectada no bico de torneira “entrada de água” (Figura 3) da estrutura de cultivo das plantas até uma bomba submersa (modelo S520, Sarlobetter) (Figura 4), instalada dentro do tanque para a recirculação da água.

Figura 3 – Bico adaptador, para entrada de água dentro do sistema de canos pvc.



Fonte: Plasbohn

Figura 4 – Bomba submersa utilizada, para bombear a água das caixas que contém camarão para as estruturas de PVC, que comportam as plantas.



Fonte: Plasbohn

A área experimental com os tanques e as estruturas para cultivo das plantas (Figura 5) foi coberta com sombrite 50%. As duas laterais ficaram abertas para uma maior circulação de ar e fácil acesso ao local e uma das frentes do experimento foi encostada a parede de concreto.

Figura 5 – Área utilizada para realização do experimento, coberta com sombrite.



Fonte: Autora (2021).

2.3 Sistema de Cultivo dos Camarões, Coleta de Dados e Cálculos

O povoamento dos tanques foi feito com camarões da espécie *P. vannamei*, pesados no início do experimento e ao final do experimento, na densidade de 13 camarões por caixa com 53 L de água, num total de 16 caixas. A ração foi ofertada duas vezes ao dia, às 08:00 h e às 14:00 h. As sobras foram retiradas das bandejas, quando um novo fornecimento de ração foi ofertado. A ração comercial conteve 35% de proteína bruta (API CAMARÃO 40 I PRIME, Total Nutrição; e após os animais atingirem 3 g de peso médio, a ração fornecida foi trocada

por uma ração contendo 45% de proteína bruta. No final, em processo de despesca foram contados quantos camarões sobreviveram.

Os dados do desempenho zootécnico foram calculados para a média inicial e final dos camarões, ganho de peso semanal, taxa de sobrevivência, biomassa final. As formulas utilizadas foram as seguintes:

Peso médio inicial (g) = biomassa (g) / número inicial de camarões

Peso médio final (g) = biomassa (g) / número final de camarões

Ganho de peso semanal (g/semana-¹) = [(peso médio final dos camarões (g) – peso médio inicial (g)) / (dias de cultivo)] *7)

Taxa de sobrevivência (%) = (número final de camarões) / (número inicial de camarões) *100

Biomassa final (g.m⁻³) = biomassa do número final de camarões (g) / volume do tanque (m³).

2.4 Preparo das Mudas, Cultivo e Coleta de Dados

As mudas *B. Marítimas* (Figura 6), *S. Neei* (Figura 7) e *S. portulacastrum* (Figura 8) enraizadas em bandejas, com substrato comercial para mudas, antes de serem plantadas nos sistemas, as mudas foram pesadas utilizando balança digital e medidas com régua, considerando a distância do colo da planta até o ponto de inserção da última folha.

Figura 6 – Plantas halófitas.



Fonte: Autora (2021).

Figura 7 – *Batis maritima*.



Fonte: Autora (2021).

Figura 8 - *Salicornia neei*..



Fonte: Autora (2021).

Cada estrutura recebeu 10 mudas de plantas da espécie *B. marítima*, 10 mudas da espécie *S. neei* e 30 mudas da espécie *S. postulacastrum*. As raízes de todas as plantas foram submetidas a inserção da água provenientes dos tanques que continham os camarões em sistema contendo um filme de nutrientes (Nutrient Film Technique - NFT).

A pesagem e a altura da base do caule até a extremidade superior de cada planta foram realizadas no início e ao final do experimento, para análises do crescimento e ganho de peso das plantas durante todo o período do experimento.

Figura 9 – Estrutura para o cultivo das plantas.



Fonte: Autora (2021).

Figura 10 – Distribuição das plantas nas estruturas de cultivo.



Fonte: Autora (2021).

2.5 Determinação das Variáveis Físico-Químicas das Águas

Os parâmetros: temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido foram medidos com o aparelho HI98194 Multiparâmetro Portátil de pH/EC/DO, com medições realizadas 1 vez/dia no período da manhã.

O ortofosfato dissolvido (P-PO₄³⁻), amônia não ionizada dissolvida (N-NH₃), nitrito dissolvido (N-NO₂⁻), nitrato dissolvido (N-NO₃⁻), e alcalinidade foram realizados testes quinzenalmente no Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (LCTA), da Universidade Federal do Ceará, Campus Pici.

2.6 Análises Estatísticas

Para a comparação entre os dados das variáveis físico-químicas da entrada e saída de cada sistema foi utilizado o teste T para as amostras pareadas, quando normais e homogêneas. No caso, quando as amostras apresentaram distribuições não normais ou não homogêneas foi aplicado o teste T não paramétrico de Wilcoxon. O teste de normalidade adotado foi o de Shapiro-Wilk.

Os mesmos testes de hipóteses foram utilizados para comparar os dados dos valores dos parâmetros medidos em cada tanque do experimento.

O teste de Wilcoxon foi aplicado para verificar se há diferença significativa no crescimento dos camarões que estão na água controle com aqueles que estão na água com estrutura das plantas, depois de testados os pressupostos para normalidade e homogeneidade. Todos os testes de hipóteses foram analisados no R-Studio, versão 3.2.4 Boston, USA). O valor máximo para p aceitável para verificação de significância foi de 0,05.

A análise de componentes principais (PCA), que compõem as análises multivariadas de ordenação, foi aplicada para verificar se há relação entre as variáveis físico-química da água/efluente de cada sistema.

3 RESULTADOS

3.1 Qualidade de água nos sistemas de cultivo

Nas condições experimentais deste trabalho, independente do sistema de cultivo, a concentração de oxigênio dissolvido na água foi maior nos tanques de salinidade 5‰ do que nos tanques com salinidade 25‰. As variáveis de água analisadas diariamente estão apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1 – Concentração de oxigênio dissolvido (O₂), pH, temperatura (°C) e salinidade da água de cultivo de camarão marinho (*Penaeus vannamei*) em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).

Parâmetro	Salinidade (‰)	Aquaponia	
		S/Planta	C/Planta
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	5,0	5,62± 0,74 Aa	5,30± 0,08 Aa
	25,0	5,26 ± 0,13Ba	5,10 ± 0,10Ba
pH	5,0	7,00 ± 0,01 Aa	7,13 ± 0,02Aa
	25,0	6,88 ± 0,01Ab	7,02 ± 0,01 Ba
Temperatura (°C)	5,0	25,78 ± 0,02 Aa	26,28 ± 0,06Ba
	25,0	25,97 ± 0,04 Aa	26,67 ± 0,01Bb

Para uma mesma variável, as médias com diferentes letras maiúsculas e minúsculas, na linha e na coluna, respectivamente, são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de T-Student (para duas amostras em par para médias).

No presente trabalho, a concentração média de oxigênio nos tanques de cultivo foi de $5,32 \pm 0,26 \text{ mg.L}^{-1}$. Levando em consideração os dois níveis de salinidade, 5‰ e 25‰, em estudo a presença do sistema aquapônico não afetou a concentração de oxigênio dissolvido na água. Sendo assim o oxigênio não apresentou diferença significativa quando comparado todos os tratamentos ($p > 0,05$). Apesar de não existir diferença entre as concentrações observadas nos tratamentos no presente estudo, os tratamentos com salinidade 5‰ apresentaram um nível um pouco mais elevado do oxigênio de aproximadamente $5,46 \pm 0,41 \text{ mg.L}^{-1}$.

O pH não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) quando comparado sistemas de salinidade 5‰ com plantas e sem plantas, e obteve uma maior pH nos sistemas sem plantas com salinidade 5‰ (Tabela 1). Apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$)

quando se compara os tratamentos sem plantas dos dois níveis de salinidade 5‰ e 25‰, como também se apresentou diferença ao comparar-nos os tratamentos com plantas e sem plantas com salinidade 25‰. O pH foi maior nos tanques de salinidade 5‰, apresentando uma média de $7,06 \pm 0,01$, do que nos tanques de salinidade 25‰ os quais apresentaram uma média de $6,95 \pm 0,01$.

A temperatura média da água foi de $26,10 \pm 0,02$, diferindo de modo significativo entre os tratamentos com plantas e sem plantas com salinidade 25‰ ($p \leq 0,05$).

Os valores médios de salinidade observados foram $4,58 \pm 3,61$ e $15,58 \pm 40,33$ sendo inferiores aos inicialmente projetados 5 e 25, respectivamente.

A presença das plantas não alterou significativamente a qualidade da água quando se trata do oxigênio e pH ($p > 0,05$) mas, a presença destas fez com que tivesse diferença significativa em relação a temperatura e a salinidade ao compararmos os sistemas com a presença de plantas nas duas salinidades 5‰ e 25‰ ($p \leq 0,05$).

Nos sistemas com salinidade 5‰ independente da ausência ou presença das plantas não houve modificação do oxigênio, pH e salinidade, logo as plantas não alteraram significativamente a qualidade de água referente a esses parâmetros apresentados anteriormente ($p > 0,05$). Na salinidade 25‰ apenas a temperatura e o pH sofreram influência da presença das plantas.

Os parâmetros analisados na (Tabela 2) não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), os valores finais de cada parâmetro avaliados não sofreram influência em seus valores, mesmo tendo sido avaliados em salinidades diferentes e formas de tratamentos diferentes, que no caso foram tratamentos com plantas e sem planta.

Tabela 2 – Concentração de amônia, nitrito, nitrato, alcalinidade e fósforo na água de cultivo do camarão marinho (*Penaeus vannamei*), em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média \pm desvio padrão).

Tratamento	Salinidade (‰)	Parâmetro				
		NAT	Nitrito	Nitrato	Alcalinidade	Fósforo
C/ Planta	5,0	0,58 \pm 0,92	0,07 \pm 0,06	8,18 \pm 1,44	68,33 \pm 39,27	0,63 \pm 0,05
S/ Planta	5,0	0,09 \pm 0,03	0,34 \pm 0,21	6,62 \pm 3,28	83,50 \pm 53,03	0,54 \pm 0,05
C/ Planta	25,0	0,47 \pm 0,38	0,53 \pm 0,39	6,43 \pm 1,70	42,50 \pm 26,35	0,52 \pm 0,08
S/ Planta	25,0	0,95 \pm 1,89	0,27 \pm 0,27	6,20 \pm 2,40	54,00 \pm 24,72	0,52 \pm 0,15

A ausência de letras indica que não há diferença significativa entre as médias ($p > 0,05$).

As concentrações finais de nitrogênio amoniacal total (NAT) mais elevados foram encontrados nos tratamentos sem plantas com salinidade 25‰, logo esses tratamentos apresentaram um média de $0,71 \pm 1,13$ sendo maior quando comparados aos tratamentos com salinidade 5‰ com média de $0,33 \pm 0,47$. Os tratamentos com maior salinidade, apresentaram

níveis de nitrito mais elevados, logo os tratamentos com maior destaque de elevação de nitrito foram os com salinidade 25‰ com a presença das plantas. Tendo em vista que os níveis de salinidade ocasionaram as variações nas concentrações de nitrito nos tratamentos. O nitrato (NO_3^-) se apresentou em uma média de $6,85 \pm 2,20 \text{ mg.L}^{-1}$, com pouca variação entre os tratamentos em estudo independente da salinidade, cujo o tratamento com a presença de plantas e salinidade 5‰ apresentou concentrações mais elevadas. Logo os níveis de nitrato tiveram uma redução, quando comparados de modo geral ao nível inicial de $4,47 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$ da água utilizada no início do cultivo.

Os níveis de alcalinidade reduziram comparados ao nível de alcalinidade inicial da água utilizada em todos os tratamentos contendo assim $102,25 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ inicialmente. Os tratamentos com salinidade 5‰ apresentaram os maiores valores de alcalinidade variando de 68,33 a 83,50 quando comparados os valores com os tratamentos de salinidade 25‰.

A concentração de fosforo reativo na água diminuiu em relação ao início do experimento. Os tratamentos com menor salinidade 5‰ apresentaram níveis mais elevados de fosforo na água, tendo uma média de $0,58 \text{ mg/L} \pm 0,05$. A salinidade mais elevada fez com que tivesse pouca variação na concentração de fosforo na água.

3.2 Desempenho das Plantas

A espécie de planta halófitas *S. portulacastrum* quando analisado seu crescimento na salinidade 5‰ e 25‰ apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$), tendo seu maior crescimento na salinidade mais elevada. Já a espécie *S. neei* não apresentou diferença significativas ($p > 0,05$) em seu crescimento quando cultivadas em salinidade 5‰ e 25‰. A espécie *B. marítima* apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) em seu desenvolvimento quando cultivadas em salinidade 5‰ e 25‰ (Tabela 3).

Tabela 3 – Altura das espécies de plantas halófitas, em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).

Espécie de Halófitas	Salinidades (‰)	
	5	25
<i>S. portulacastrum</i> ¹	21,67 ± 113,21 Aa	37,64 ± 207,19 Ba
<i>S. neei</i> ²	15,91 ± 49,19 Ab	15,92 ± 54,13 Ab
<i>B. maritima</i> ³	20,64 ± 125,00 Ac	31,15 ± 89,94 Bc

¹ *Sesuvium portulacastrum*; ² *Salicornia neei*; ³ *Batis maritima*; Para uma mesma variável, as médias com diferentes letras maiúsculas e minúsculas, na linha e na coluna, são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de T-Student (para duas mostras em par para médias); Teste ANOVA fator único e Teste de Tukey, e para letras iguais significa que não existe diferença ($p > 0,05$).

As plantas halófitas do presente estudo foram analisadas, avaliando o crescimento de todas elas dentro da mesma salinidade, no caso 5‰, apresentando assim uma diferença significativa ($p \leq 0,05$), com um maior crescimento observado para a espécie *S. portulacastrum*, com uma média de 21,6 cm, seguida por *B. maritima* e *S. neei*, esta apresentou menor crescimento. Da mesma forma, quando as espécies foram analisadas na salinidade 25‰, todas apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Tabela 4 – Peso úmido das espécies de plantas halófitas, em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média ± desvio padrão).

Espécie de Halófitas	Salinidades (‰)	
	5	25
<i>S. portulacastrum</i> ¹	4,41 ± 12,90 Aa	7,83 ± 32,52 Ba
<i>S. neei</i> ²	0,73 ± 0,08 Ab	0,75 ± 0,19 Ab
<i>B. maritima</i> ³	2,09 ± 0,76 Ac	4,28 ± 6,17 Bc

¹ *Sesuvium portulacastrum*; ² *Salicornia neei*; ³ *Batis maritima*; Para uma mesma variável, as médias com diferentes letras maiúsculas e minúsculas, na linha e na coluna, são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de T-Student (para duas mostras em par para médias); Teste ANOVA fator único e Teste de Tukey, e para letras iguais significa que não existe diferença ($p > 0,05$).

A espécie de planta halófitas *Sesuvium portulacastrum* quando analisado seu ganho de peso úmido nas salinidades 5‰ e 25‰ apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) tendo seu maior ganho na salinidade mais elevada. Já a espécie *Salicornia neei* não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) em seu peso úmido quando cultivadas em

salinidade 5‰ e 25‰. A espécie *Batis marítima* apresentou diferença em seu desenvolvimento quando cultivadas em salinidades 5‰ e 25‰ (Tabela 4).

Observou-se o ganho de peso úmido de todas as plantas halófitas dentro da mesma salinidade, no caso 5‰, apresentando assim uma diferença significativa ($p \leq 0,05$), com um maior ganho de peso observado para a espécie *S. portulacastrum*, com uma média de 4,41 g, seguida por *Batis marítima* e *Salicornia neei*, esta apresentou menor ganho de peso úmido. Da mesma forma, quando as espécies foram analisadas na salinidade 25‰, todas apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$).

3.3 Desempenho zootécnico dos camarões

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos quando observamos a sobrevivência dos camarões dentro do cultivo, apresentando assim na comparação entre as duas salinidades em estudo, o camarão apresentou uma maior sobrevivência nos tanques de maior salinidade 25‰ sem a presença das plantas, e quando comparamos o sistema aquapônico contendo ou não a presença das plantas, apresentou-se uma média mais elevada de $45,23 \pm 11,91$ de sobrevivência nos tanques com ausência de plantas (Tabela 5).

Tabela 5 – Desempenho zootécnico do camarão marinho (*Penaeus vannamei*) em sistema aquapônico com diferentes salinidades (média \pm desvio padrão).

Parâmetro	Salinidade (‰)	Aquaponia	
		S/Planta	C/Planta
Sobrevivência (%)	5,0	33,33 \pm 17,98 Ba	35,71 \pm 0,00 Ba
	25,0	57,14 \pm 5,83 Aa	30,35 \pm 17,85 Bb
Peso final (g)	5,0	6,80 \pm 1,00 Aa	6,53 \pm 0,36 Aa
	25,0	5,04 \pm 0,33 Ba	5,74 \pm 0,76 Aa
Biomassa total final (g.m ³)	5,0	537,73 \pm 32,02 Ba	583,39 \pm 32,07 Ba
	25,0	534,46 \pm 88,02 Bb	713,39 \pm 54,19 Aa

Para uma mesma variável, as médias com diferentes letras, na linha e na coluna, respectivamente, são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$), letras maiúsculas distintas em uma mesma coluna indicam diferenças entre os tratamentos para um mesmo parâmetro e letras minúsculas distintas em uma mesma linha indicam diferenças entre os tratamentos para o mesmo parâmetro. Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk e comparação das médias pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Em relação ao peso médio (g), este apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, sendo todos os camarões pesados no final do experimento, apresentando um ganho de peso mais elevado com média de $6,66 \pm 0,68$ nos tanques de menor salinidade

5‰, quando comparamos os tanques com a presença ou sem a presença das plantas independente do grau de salinidade, obtivemos que os tanques com o sistema aquapônico obtiveram um peso médio de $6,13 \pm 0,55$, logo os camarões tiveram um maior ganho de peso com a presença das plantas dentro do cultivo.

A biomassa final apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, os maiores valores de biomassa foram apresentados nos tanques contendo o sistema aquapônico, a presença das plantas, apresentando $713,39 \pm 54,19$ e $583,39 \pm 32,07$ como ganho de biomassa total final, destacando-se os tanques com salinidade mais elevada 25‰ com a maior biomassa obtido dentro de todo o cultivo.

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos quando observamos a sobrevivência dos camarões dentro do cultivo, apresentando assim na comparação entre as duas salinidades em estudo, o camarão apresentou uma maior sobrevivência nos tanques de maior salinidade 25‰ sem a presença das plantas, e quando comparamos o sistema aquapônico contendo ou não a presença das plantas, apresentou-se uma média mais elevada de $45,23 \pm 11,91$ de sobrevivência nos tanques com ausência de plantas.

Em relação ao peso médio (g), este apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, sendo todos os camarões pesados no final do experimento, apresentando um ganho de peso mais elevado com média de $6,66 \pm 0,68$ nos tanques de menor salinidade 5‰, quando comparamos os tanques com a presença ou sem a presença das plantas independente do grau de salinidade, obtivemos que os tanques com o sistema aquapônico obtiveram um peso médio de $6,13 \pm 0,55$, logo os camarões tiveram um maior ganho de peso com a presença das plantas dentro do cultivo.

A biomassa final apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, os maiores valores de biomassa foram apresentados nos tanques contendo o sistema aquapônico, a presença das plantas, apresentando $713,39 \pm 54,19$ e $583,39 \pm 32,07$ como ganho de biomassa total final, destacando-se os tanques com salinidade mais elevada 25‰ com a maior biomassa obtido dentro de todo o cultivo.

4 DISCUSSÃO

4.1 Qualidade de água

No presente trabalho, a concentração média de oxigênio nos tanques de cultivo foi de $5,32 \pm 0,26 \text{ mg.L}^{-1}$, apresentando-se dentro de uma faixa favorável para o crescimento da espécie de camarão *P. vannamei*, levando em consideração que níveis próximos de $0,6 \text{ ml.L}^{-1}$ são consideráveis níveis letais ou com efeitos elevados de mortalidade acelerada levando assim os organismos cultivados a apresentarem comportamentos erráticos, apresentando sinais de estresse acarretando a mortalidade desses animais (MANDENJIAN *et al.*, 1987).

Diversos autores têm relatado que para o camarão *P. vannamei*, se considera um estado de hipóxia uma concentração abaixo de $2,8 \text{ mg.L}^{-1}$ (MUGNIER; SOYEZ, 2005), os os animais acabam tendo uma diminuição do seu metabolismo para conseguir se manterem no ambiente de estresse, visando assim a diminuição da mortalidade desde que não tenham nenhum outro problema associado a ausência de oxigênio (SEIDMAN; LAWRENCE., 1985; VINATEA *et al.*, 2004).. O monitoramento constante dos parâmetros de qualidade de água e um fator muito importante para um bom desenvolvimento do cultivo e dos animais associados ao sistema. Logo como relatado na literatura a exposição desses animais a níveis críticos de oxigênio podem acarretar fatores negativos para o desempenho zootécnico, que acarretam o mal desenvolvimento do sistema e dos animais presentes nele.

Os tratamentos com salinidade 5‰ apresentaram um nível um pouco mais elevado do oxigênio de aproximadamente $5,46 \pm 0,41 \text{ mg.L}^{-1}$. Levando em consideração os dois níveis de salinidade, 5‰ e 25‰, em estudo a presença do sistema aquapônico não afetou a concentração de oxigênio dissolvido na água. A espécie *P. vannamei* suporta uma faixa de salinidade que varia de 0‰ a 50‰ (PILLAY (1990), logo a faixa ideal para o cultivo da espécie é de 15‰ e 25‰ (VINATEA, 1997), porém é uma espécie que sendo cultivada em faixas menores de salinidade. Os valores médios de salinidade observados foram $4,58 \pm 3,61$ e $15,58 \pm 40,33$ sendo inferiores aos inicialmente projetados 5 e 25, respectivamente.

Logo os parâmetros pH, salinidade e oxigênio não apresentaram diferenças significativas quando apresentados dentro da mesma salinidade no caso 5‰, apenas os parâmetros pH e temperatura sofreram uma influência na salinidade de 25‰.

A presença das plantas no sistema não afetou as concentrações de oxigênio dissolvido na água dentro do sistema. Os autores Seidman e Lawrence (1985) estabeleceram a concentração de $1,91 \text{ mg.L}^{-1}$ de oxigênio dissolvido como nível crítico para a criação do

camarão *P. vannamei*, logo com o aumento da temperatura no sistema, conseqüentemente, tem-se um aumento do processo metabólico dos animais presentes nele, levando a um maior consumo de oxigênio por esses animais, além da baixa solubilidade encontrada nas temperaturas elevadas. Um nível de conforto para a criação da espécie em estudo considera-se 4 mg.L^{-1} (BOYD, 1990). Os níveis de oxigênio encontrados no presente trabalho se relacionaram com o bom sistema de aeração utilizado, acarretando benefícios para o sistema plantas e animais.

O fator salinidade e oxigênio estão principalmente relacionados ao processo de osmorregulação dos animais, um processo que envolve gasto de energia a qual poderia estar sendo usada para outras finalidades, isso acontece, pois, a osmorregulação é uma das atividades vitais dos organismos aquáticos. Logo em níveis mais baixos de salinidade 10‰ os animais acabam gastando mais energia para efetivar esse processo, Hernández e Nunes (2001). Logo a tendência da salinidade aumentando há uma redução da solubilidade do oxigênio da água (BOYD; TORRANS; E TUCKER, 2018). Em vários estudos realizados com o sistema aquapônico foi observado uma redução da solubilidade do oxigênio de acordo com o aumento da salinidade dentro do sistema (CHU; BROWN, 2020; PINHEIRO *et al.*, 2020).

A taxa de consumo de OD entre as temperaturas é altamente significativa, destacando-se a temperatura de 30°C onde ocorre o maior consumo de energia pelos animais. Na aquicultura podemos avaliar as oscilações na temperatura e drásticas condições de hipóxia por diversos fatores relacionados com as flutuações térmicas, o consumo de oxigênio dissolvido ligado ao metabolismo acelerado dos organismos (BOYD, 1990) é um fator a ser considerado quando se planeja um protocolo de segurança, pois a temperatura considera ótima para o cultivo da espécie com maiores crescimentos varia entre 28 e 30°C (KUBITZA 2003; YU *et al.*, 2020). A temperatura média da água foi de $26,10 \pm 0,02$, diferindo de modo significativo entre os tratamentos com plantas e sem plantas com salinidade 25‰ ($p \leq 0,05$).

O pH foi maior nos tanques de salinidade 5‰, apresentando uma média de $7,06 \pm 0,01$, do que nos tanques de salinidade 25‰ os quais apresentaram uma média de $6,95 \pm 0,01$. A salinidade afetou significativamente o pH do sistema, logo o pH da água foi maior no sistema de salinidade 5‰ do que nos de 25‰, o pH é um parâmetro bastante importante pois ele afeta fisiologicamente o desenvolvimento dos camarões (YU *et al.*, 2020), a atividade microbiana (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006) e a disponibilidade de nitrogênio para as plantas (WONGKIEW *et al.*, 2017). A faixa ideal do pH para cultivo de *P. vannamei* varia entre 8,1 e 9,0 (HERNÁNDEZ; NUNES, 2001), entretanto os camarões podem ter um bom desenvolvimento na faixa de 6-9 (SÁ, 2012).

Já o pH com valores mais elevados, tornando-se um pH mais alcalino, pode prejudicar o desenvolvimento das plantas pela precipitação de micronutrientes com sais insolúveis (BUHMANN; PAPENBLOCK, 2013). Logo, é bastante considerável o acompanhamento correto dos níveis de PH da água e a concentração dos micronutrientes essenciais a planta, como o ferro, para que o sistema funcione corretamente. As plantas cultivadas em sistemas aquapônico possuem uma preferência por pH entre 5,8 a 6,2, por isso é importante a manutenção do pH do sistema constantemente para que se mantenha dentro da faixa ideal e favoreça o bom desenvolvimento das plantas (BUHMANN; PAPENBLOCK, 2013; RAKOCY, 2012).

A presença das plantas não alterou significativamente a qualidade da água quando se trata do oxigênio e pH, mas a presença destas fez com que tivesse diferença significativa em relação a temperatura e a salinidade ao compararmos os sistemas com a presença de plantas nas salinidades 5‰ e 25‰. Essa diferença pode ser explicada por meio do fenômeno de evapotranspiração e evaporação das plantas que ocorreu nos tanques as quais estavam presentes, favorecendo a perda de água do sistema.

Nos sistemas com salinidade 5‰ independente da ausência ou presença das plantas não houve modificação do oxigênio, pH e salinidade, logo as plantas não alteraram significativamente a qualidade de água referente a esses parâmetros apresentados anteriormente ($p > 0,05$). Na salinidade 25‰ apenas a temperatura e o pH sofreram influência da presença das plantas.

Em estudos já realizados com sistema aquapônico em pequena escala, foi observado que o sistema teve cerca de 1% de perda de água por dia sendo a evaporação, evapotranspiração, derramamento, vazamento e troca de água as fontes de perda de água (LOVE; UHL; GENELLO, 2015). Levando em conta que sistemas aquapônico as trocas diárias de água é aproximadamente 2% (CHAWLEY; BANERJEE; JAGADEVAN, 2020; RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

As concentrações de NAT não apresentaram diferença significativa no sistema, mas apresentou-se em níveis mais elevados no sistema de maior salinidade 25‰ sem a presença das plantas, ao contrário foi apresentação no sistema de salinidade menor 5‰ onde foram apresentadas as menores concentrações sem a presença das plantas. Essa diferença de níveis de concentração foi ocasionada pelo crescimento das bactérias dentro do sistema. As bactérias responsáveis pelo o processo de oxidação de amônia a nitrato apresenta seu crescimento lento, essas são denominadas bactérias nitrificantes (CHAWLEY; BANERJEE; JAGADEVAN, 2020).

No estudo de Pinheiro *et al.* (2017), nas 8 primeiras semanas foram encontradas concentrações de NAT maiores nos tanques com *S. ambigua* do que aqueles sem plantas, mas ao final do estudo essa diferença não foi significativa entre os dois grupos. Alguns autores relacionam esse aumento nos níveis do NAT nos sistemas aquapônicos com a diminuição da comunidade bacteriana nitrificante presente no sistema causada pela remoção dos sólidos, tendo assim o acúmulo desse composto.

O somatório das concentrações de amônia não-ionizada (NH_3) e amônia ionizada (NH_4^+) formam o NAT da água, sendo o equilíbrio desses íons influenciados pelos níveis de pH e a temperatura da água. Sendo que a amônia não-ionizada tem sua grande importância de monitoramento adequado dentro do sistema para que se possa manter seus níveis adequados, pois está pode acarretar toxicidade para os camarões. Logo uma menor salinidade favorece níveis mais elevados de NH_3 na água (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

A alcalinidade dentro do sistema é fornecida como uma fonte de carbono, apesar de ocorrer de forma lenta, sendo um aspecto importante dentro de um sistema onde a troca de água é limitada, utilizando-se assim a adição de carbonatos na água do sistema como o bicarbonato de sódio sendo o mais comum e utilizado visando manter a alcalinidade em níveis entre 100 e 150 mg.L^{-1} de CaCO_3 (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

A alcalinidade apresentou-se em níveis mais elevados nos tanques de menor salinidade 5‰, não apresentando diferença significativa e nos sistemas sem a presença das plantas independentemente do nível de salinidade presente. Para Van Wyk e Scarpa (1999) para o bom desenvolvimento da espécie *P. vannamei* dentro dos sistemas de cultivo acredita-se que necessita valores de alcalinidade superiores a 100 mg.L^{-1} de CaCO_3 .

No experimento em estudo, a salinidade afetou as concentrações de nitrito presentes na água do cultivo de modo que os tanques de maior salinidade 25‰ com a presença das plantas apresentou níveis mais elevados de nitrito. Chu e Brown (2020) realizaram estudos com as salinidades 15‰, 10‰ e 20‰ sobre o desenvolvimento do camarão *P. vannamei* e três plantas halófitas *Atriplex hortensis*, *Salsola komarovii* e *Plantago coronopus* em sistema aquapônico com água salgada contendo a presença de bioflocos. Chu e Brown (2020) observaram que os tanques com salinidade maiores, tiveram os níveis de nitrito mais elevados do que os de salinidade 10‰, no caso o de menor salinidade. Concentrações de nitrito acima de 0,3 mg L^{-1} prejudicam o crescimento dos animais, mas em águas com uma maior salinidade esse efeito é diminuído (SÁ, 2012).

O nitrato não apresentou diferença significativa, as concentrações não diferiram nos sistemas com ou sem plantas independente da salinidade no presente estudo, apresentando-

se em níveis mais elevados nos tanques de menor salinidade 5‰ com a presença das plantas. Resultados semelhantes foram observados por Chu e Brown (2020), onde os níveis de nitrato foram menores nos tanques com salinidade menor (10‰) em relação as maiores (15‰ e 20‰). As plantas halófitas absorvem nitrato presente na água dos sistemas, ocasionando a redução nos níveis de nitrato presente na água do sistema aquapônico. O processo de assimilação ocorre posteriormente após os processos de nitrificação e desnitrificação liberando NH_4^+ e NO_3^- para água, sendo assimiladas pelas plantas (KUDO; FUJIYAMA, 2010).

As concentrações de fosforo final não apresentaram diferenças significativas, mas foram encontradas em níveis mais elevados nos tanques de menor salinidade 5‰ com a presença das plantas. Logo de acordo com estudos já realizados por Pinheiro *et al.* (2020), relatou-se que com o aumento da salinidade houve uma redução dos níveis presentes no sistema de cultivo. O aumento das concentrações de fosforo pode estar relacionado ao aumento de fornecimento da ração aos animais, pois as rações fornecidas contêm teores de fosforo que pode se acumular no ambiente de cultivo, podendo este ser removido por meios físicos, químicos ou biológicos.

Beyer *et al.* (2021) indicaram que a halófito *S. neei* cultivadas em sistemas com a presença de peixes, denominada piscicultura, tiveram elevadas taxas de crescimento e produtividade, com alta eficiência na remoção de amônia, fosfato e nitrato, além do acúmulo de compostos orgânicos C, N e P e adaptabilidade a altas concentrações de sais, podendo atuar como biofiltro.

4.2 Desempenho das Plantas

A salinidade interferiu de modo significativo no crescimento em altura das plantas. A espécie *S. portulacastrum* teve seu crescimento alterado de acordo com a variação da salinidade dentro do sistema de cultivo, apresentando uma diferença significativa. As plantas desta espécie apresentaram um maior crescimento quando cultivadas na salinidade 25‰ do que na salinidade menor de 5‰. Alguns estudos já realizados relataram que a salinidade fortaleceu os efeitos negativos gerados pelo o estresse hídrico no crescimento das plantas, levando assim a um aumento na assimilação líquida de gás carbônico (CO_2) e na condutância estomática. Esse processo sendo ocasionado pelo o déficit hídrico sendo aplicado separadamente ou em conjunto com a salinidade sobre a espécie *S. portulacastrum* (SLAMA *et al.*, 2015).

A espécie *S. neei* não apresentou diferença significativa quando cultivadas nas duas salinidades em estudo sendo 5‰ e 25‰, logo a espécie pode ser cultivada em qualquer das salinidades presentes no estudos sem que seu crescimento seja afetado pelo o grau de salinidade da água presente dentro do cultivo, o mesmo foi apresentado por Boxman *et al.* (2018) que também não encontrou efeitos significativos da salinidade (0,006; 1,989; 5,031; 10,003; 30,010 e 44,986 g L⁻¹ de NaCl) sobre o crescimento de duas de *S. neei* diferentes. Logo alguns autores concluíram que para manter seu crescimento em ambientes com estresse salino os genótipos de *S. neei* regulam seus mecanismos fisiológicos tendo relação estes com sua suculência, produção de pigmentos fotoprotetores e metabólitos antioxidantes.

A espécie halófito *B. marítima* apresentou diferença significativa quando cultivada na salinidade 5‰ e 25‰, tendo seu maior crescimento na salinidade mais elevada. No estudo de Boxman *et al.* (2018), a espécie *B. marítima* associado ao cultivo de camarão marinho *P. vannamei*, esta apresentou um bom crescimento quando cultivada em salinidade elevada de 40 g.L⁻¹, estudo esse realizado em período de aproximadamente 56 dias.

As plantas halófitas presentes no estudo *S. portulacastrum*, *S. neei* e *B. marítima* apresentaram um bom crescimento em relação a altura quando cultivadas em salinidades mais elevadas, no caso 25‰, levando em consideração que a espécie *S. neei* pode ser cultivada em baixas salinidades, sem que este parâmetro interfira no rendimento da sua altura, podendo ser assim cultivadas em baixas e altas salinidades, porém apresentando um menor crescimento quando comparado com as outras duas espécies.

As três espécies apresentaram diferença significativa em seu desenvolvimento em altura quando comparadas dentro da mesma salinidade 5‰ e 25‰. Logo a média de crescimento mais elevada apresentou-se na espécie *S. portulacastrum* com 29,65 ± 160,20 cm, seguida da espécie *B. marítima* com média de 25,90 ± 107,47 cm e apresentando menor média de crescimento *S. neei* com 15,91 ± 51,66 cm.

Na região Nordeste, fatores naturais, como a presença de baixas precipitações, elevados índices de evaporação, favorecem a evolução do processo de salinização do solo, sendo um exemplo de região semiárida com a presença de solos bastante salinos. Sendo assim, algumas plantas conhecidas como halófitas possuem tolerância a salinidade, tendo uma capacidade de crescimento e desenvolvimento elevado em altos níveis de salinidade (LOKHANDE *et al.*, 2013).

Para espécie *S. porticulatum*, o crescimento é maximizado em ambientes com concentração de 5,85 a 23,38 g L⁻¹ de NaCl, suportando até 58,5 g L⁻¹ sem quaisquer sintomas tóxicos nas folhas (LOKHANDE *et al.*, 2013).

4.3 Desempenho Zootécnico dos Camarões

O ganho de peso médio, a sobrevivência e a biomassa final total, todos estes parâmetros, apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Logo os tanques com a salinidade maior apresentaram uma sobrevivência maior dos camarões presentes no sistema aproximadamente 43,75% quando comparado com a quantidade de indivíduos presentes no início do cultivo no caso 100% de sobrevivência, tendo um total de 112 camarões presentes na salinidade 25‰ no início do experimento. Em estudos já realizados por Pinheiro *et al.* (2020) nas salinidades 8, 24 e 32 psu, estes obtiveram para a biomassa final total e a sobrevivência valores mais elevados do que os apresentados no presente estudo. Estudiosos como Chu e Brown (2020) alcançaram taxa de sobrevivência superior a 93% em sistemas aquapônicos utilizando-se de salinidades (10; 15 e 20 g L⁻¹).

Avaliando-se o efeito do sistema aquapônico sobre a sobrevivência dos camarões, obtivemos que os tanques sem a presença das plantas apresentaram melhores taxas de sobrevivência com uma média de $45,23 \pm 11,90$ de camarões finais presentes no cultivo independente da salinidade. Schardong, Moro e Bonilla (2020) obtiveram uma sobrevivência superior a 95% em experimentos realizados com sistema aquapônico e superiores a 91% nos tanques sem a presença de plantas. Porém a biomassa final foi maior nos tanques com a presença do sistema aquapônico, os animais obtiveram um ganho de peso mais elevado quando comparados com os tanques que não tiveram a presença das plantas dentro do cultivo apresentando um total de 1,25 kg.m³.

Logo a sobrevivência dos camarões foi maior nos tanques sem a presença do sistema aquapônico, mas o ganho de peso foi mais elevado nos tanques com aquaponia. Essa baixa sobrevivência pode ter relação com os níveis de nitrito variando devido a água proveniente das chuvas que foram bastante intensas durante o período de realização do experimento, juntamente com a baixa alcalinidade dentro dos sistemas, ou até mesmo outros fatores que devem ser estudados mais profundamente, os quais não possam ter sido identificados. Os resultados de desempenho zootécnico não refletiram a melhoria da qualidade de água ocasionada pelas plantas halófitas.

5 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais deste trabalho, conclui-se que o uso da aquaponia com água de cultivo de *P. vannamei* é eficiente para a produção das três plantas halófitas (*S. portulacastrum*, *S. neei* e *B. marítima*), sendo especialmente indicado a salinidade 25‰ para produção da espécie *S. portulacastrum*.

Ainda, conclui-se que a biomassa final dos camarões foi mais satisfatória quando cultivados em salinidade 25‰, uma salinidade mais elevada, podendo assim ser considerado um possível meio de cultivo de camarões marinhos e da espécie *P. vannamei* em sistema aquapônico com a presença da espécie *S. portulacastrum*.

REFERÊNCIAS

- ABCC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (Ceará) Censo da **Carcinicultura do Litoral Norte do Estado do Ceará e Zonas Interiores Adjacentes**. 2015/2016. ed. Natal: Abcc, 2017. 52 p
- AVNIMELECH, Y. *et al.* Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v.264, p.140-147, 2007.
- BERTIN, R.L., *et al.* Nutrient composition and identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC-ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 55, p. 404-411, 2014.
- BEYER, C. P. *et al.* *Sarcocornia neei*: A novel haloPHYte species for bioremediation of marine aquaculture wastewater and production diversification in integrated systems. **Aquaculture**, v. 543, p. 736971, 2021.
- BOYD, C. **Water quality in warmwater fishponds**. Agricultural Experiment Station. Opelika, Alabama, USA: Auburn University. 1990. 359 p,
- BOYD, C. E.; TORRANS, E. L.; TUCKER, C. S. Dissolved oxygen and aeration in ictalurid catfish aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 49, n. 1, p. 7-70, 2018.
- BOXMAN, S. E. *et al.* Evaluation of water treatment capacity, nutrient cycling, and biomass production in a marine aquaponic system. **Ecological Engineering**, v. 120, p. 299-310, 2018.
- BRASIL. ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2018). Atlas dos manguezais do Brasil. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9581-icmbio-lanca-atlas-dos-manguezais-dobrasil>, 2018. Acesso em: 03 janeiro de 2022.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Código Florestal, Lei Nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- BREGNBALLE, J. *et al.* A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. **FAO/ EUROFISH** – Roma, p.100, 2015.
- BUHMANN, A.; PAPENBROCK, J. Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 122–133, 2013.
- CARVALHO, R. A. A.; MARTINS, P. C. C. Caracterização da atividade de carcinicultura no vale do rio Açu, Rio Grande do Norte, Brasil. **Holos**, v. 3, p. 2, p. 96-107, 2017.

- CHAWLEY, P.; BANERJEE, C.; JAGADEVAN, S. Growth of planktonic and biofilm culture of *Nitrosomonas mobilis* Ms1 in response to stoichiometric ammonia consumption. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 154, p. 105080, 2020.
- CHU, Y. T.; BROWN, P. B. Evaluation of Pacific Whiteleg Shrimp and Three Halophytic Plants in Marine Aquaponic Systems under Three Salinities. **Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 269, 2020.
- COSTA, C. S. B.; CHAVES, F. C.; ROMBALDI, C. V.; SOUZA, C. R. Bioactive compounds and antioxidant activity of three biotypes of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M.A. Alonso & M.B. Crespo: a halophytic crop for cultivation with shrimp farm effluent. **South African Journal of Botany**, v. 117, p. 95–100, 2018.
- COSTA, C. S. B.; KADEREIT, G.; FREITAS, G. P. M. Molecular markers indicate the phylogenetic identity of southern Brazilian sea asparagus: first record of *Salicornia neei* Lag. Brazil. **Rodriguésia**, v. 70, p. 1-10, 2019.
- COSTA, C. S. B.; NEVES, L. S. Respostas Cromáticas de *Salicornia gaudichaudiana* Mog. (Chenopodiaceae) a Diferentes Níveis de Radiação UV-B e Salinidade. **Atlantica**, v. 28, n. 1, p. 25-31, 2006.
- COZER, N.; ROSSI, V. **Camarão Marinho *Litopenaeus vanammei* (BOONE, 1931) - aquicultura, meio ambiente e desenvolvimento**. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/camarao-marinho-litopenaeus-vanammei-boone-1931/>. Acesso em: 09 maio de 2021.
- D'ANGELIS, I.; MOURA, G. F. O cenário social, econômico e ambiental da pesca artesanal em uma comunidade no litoral paraibano. REDE – **Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 2, p. 62-75, 2016.
- DIAS, H. M., SOARES, M. L. G., NEFFA, E. Conflitos socioambientais: o caso da carcinicultura no complexo estuarino Caravelas-Nova Viçosa/BahiaBrasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 1, p. 111-130, 2012.
- DONCATO, K. B.; COSTA, C.S.B. Growth and mineral composition of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. **Experimental Agriculture**, v. 54, p. 399-416, 2017.
- DORES, M. M.; LANGE. B. M. Anatomia Ecológica de *Sesuvium portulacastrum* L.(*AEZOACAE*) ocorrente na reserva biológica do atol das rocas, Estado do Rio Grande do Norte - **Revista Cultural E Científica Do UNIFACEX**, v.8, n.1, 2016.
- DUFAULT, R.; KORKMAZ, A. Potential of biosolids from shrimp aquaculture as a fertilizer in bell pepper production. **Compost Science & Utilization**, v. 8, n. 4, p. 310–319, 2000.
- DUFAULT, R.; KORKMAZ, A.; WARD, B. Potential of biosolids from shrimp aquaculture as a fertilizer for broccoli production. **Compost Science & Utilization**, v. 9, n. 2, p. 107–114, 2001.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of PHotoautotroPHic, autotroPHic, and heterotroPHic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1-4, p. 346-358, 2006.

ENDUT *et al.* Nitrogen Budget and effluent nitrogen components in aquaponics recirculation system. **Desalin. Water Treat.** 52, 744-752, 2014.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**: contributing to food security and nutrition for all. Rome: FAO, 2016. 200 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018**: meeting the sustainable development goals. Rome: FAO, 2018. 227 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**: sustainability in action. Rome: FAO, 2020. 224 p.

FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist**, v. 179, n. 4, p. 945-963, 2008.

FREITAS, R. F.; COSTA, C. S. B. Germination responses to salt stress of two intertidal population of the perennial glasswort *Sarcocornia ambigua*. **Journal Aquatic Botany**, v. 117, p. 12-17, 2014.

FREIRE, R.M. S. **Cultivo da halófitas, *Batis maritima*, *Sarcocornia ambigua* e *Sporobolus virginicus*, com águas residuárias da criação do *Litopenaeus vannamei***: Experimentos de bancada em substrato com areia e sistema de aquaponia. 2019. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

GODDEK, S. *et al.* Challenges of Sustainable and Commercial **Aquaponics**. **Sustainability**, v. 7, n. 4, p. 4199-4224, 2015.

GUNNING, D.; MAGUIRE, J.; BURNELL, G. The Development of Sustainable SaltwaterBased Food Production Systems: **A Review of Established and Novel Concepts**. **Water**, v. 8, n. 12, 2016.

HERNÁNDEZ, J. Z.; NUNES, A. J. P. Biossegurança no cultivo de camarão marinho: qualidade da água e fatores ambientais. **Revista da ABCC**, n. 2, p. 55-59, ago. 2001.

HUNDLEY, G. C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjericão (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. 2013. 57 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.3, n.2., p.52-61, dezembro, 2013.

JERONIMO, C. E.; BALBINO, C. P. Caracterização físico-química de efluentes da carnicultura e seus impactos ao meio ambiente. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1639-1650, 2012.

KOTZEN, B. *et al.* Aquaponics: Alternative types and approaches. In: GODDEK, S. *et al.* (Eds.). . **Aquaponics Food Production Systems**. Cham: Springer, p. 301–330, 2019.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. (1^o edição) Jundiaí: F. Kubitza, 2003.

KUDO, N.; FUJIYAMA, H. Responses of haloPHYte *Salicornia bigelovii* to different forms of nitrogen source. **Pedosphere**, v. 20, n. 3, p. 311-317, 2010.

LENNARD, W.; GODDEK, S. Aquaponics: The Basics. In: Aquaponics Food Production Systems. [s.l.] **Springer International Publishing**, p. 113–143, 2019.

LOKHANDE, V. H. *et al.* *Sesuvium portulacastrum*, a plant for drought, salt stress, sand fixation, food and PHYtoremediation. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 2, p. 329-348, 2013.

LONARD, R.I.; JUDD, F.W.; STALTER, R. The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Batis maritima* C. **Linnaeus. Journal of Coastal Research**, v. 27, n. 3, p. 441-449, 2011.

LONARD, I. R.; JUDD, W. F; STALTER, R. The biological flora of coastal dunes and wetlands: *Distichlis spicata* (C. Linnaeus) E. Greene. **Journal of Coastal Research, Fort Lauderdale**, v. 29, 2011.

LOVE, D. C.; UHL, M. S.; GENELLO, L. Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. **Aquacultural Engineering**, v. 68, p. 19-27, 2015.

MANDENJIAN, C., ROGERS, G., FAST, A., Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: part II. A new method. **Aquacultural Engineering**, v.6, p.209-285, 1987.

MATEUS, J. Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. **Red Hidroponía Boletín**, v. 44, p. 7-10, 2009.

MCKEE, K. L.; ROOTH, J. E.; FELLER, I. C. Mangrove recruitment after forest disturbance is facilitated by herbaceous species in the Caribbean. **Ecological Applications**, v. 17, n. 6, p. 1678-1693, 2007.

MIRANDA, F. R. *et al.* Reuse of inland low-salinity shrimp farm effluent for melon irrigation. **Aquacultural Engineering**, v. 39, n. 1, p. 1–5, 2008.

MILBRANDT, E. C., TINSLEY, M. N. The role of saltwort (*Batis maritima* L.) in regeneration of degraded mangrove forests. **Hydrobiologia**, v. 568, p. 369-377, 2006.

MUGNIER, C., SOYEZ, C. Response of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* to temperature decrease and hypoxia in relation to molt stage. **Aquaculture**. V.244, p. 315–322, 2005.

PILLAY, T. V. R. **Aquaculture**: principles and practices. 1th. Oxford: Fishing News Books, 1990.

PINHEIRO, I. *et al.* Aquaponic production of *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in biofloc system at different salinities. **Aquaculture**, v. 519, p. 734918, 2020.

PINHEIRO, I. *et al.* Production of the haloPHYte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. **Ecological Engineering**, v. 100, p. 261-267, 2017.

QUEIROZ, J. F. *et al.* **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia.**

Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente, 2017. 30 p.

RAKOCY, J. E. Aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture production systems**, v. 1, p. 343-386, 2012.

RAKOCY, J.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: **Aquaponics–Integrating fish and Plant Culture**. SRAC Publication No. 454. Southern Regional Aquaculture Center, United States Department of Agriculture, 16 p., 2006.

RIBEIRO, L. F. *et al.* Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. Rev. **Gestão Costeira Integr.**, v.14, p.365-383, 2014.

SÁ, M.V.C. **Limnocultura**: limnologia para aquicultura. Fortaleza: Edições UFC, 2012.

SCAGLIONE, M. C. *et al.* **Acuaponia, nueva tecnología de producción agropecuaria.** In: JORNADA DE DIFUSION DE LA INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN, V. Área temática Producción animal, 2017. Disponível em: https://www.fcv.unl.edu.ar/investigacion/wp-content/uploads/sites/7/2018/11/PA_SCAGLIONE_C_ACUAPONIA.pdf. Acesso em: 23 junho 2021.

SCHARDONG, R. M. F.; MORO, M. F.; BONILLA, O. H. Aquaponic System with White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Rearing and Production of the Plants *Batis maritima*, *Sarcocornia neei* and *Sporobolus virginicus*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, 2020.

SEIDMAN, E. R., LAWRENCE, A. L. Growth, feed digestibility and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels. Journal of the world aquaculture society. 16:333-346, 1985.

SLAMA, I. *et al.* Water deficit stress applied only or combined with salinity affects PHysiological parameters and antioxidant capacity in *Sesuvium portulacastrum*. **Flora-MorPHology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 213, p. 69-76, 2015.

SOARES, E. C. *et al.* Peixe com salada: aquaponia possibilita o cultivo de peixes e alfaces sem agrotóxicos. **Panorama da Aquicultura**. v. 148, p. 24-29, março/abril 2015.

SOARES, E. C. *et al.* Peixe com salada: aquaponia possibilita o cultivo de peixes e alfaces sem agrotóxicos. **Panorama da Aquicultura**. v. 148, p. 24-29, março/abril 2015.

SOROMENHO *et al.* Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação de aquaponia e bioflocos. **Revista Vitória.**, v.9, p. 66-78, 2018.

TANCREDO, K. R. *et al.* Impactos ambientais da carcinicultura brasileira. In: 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production: **Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**. Universidade Paulista, São Paulo, 2011.

TEUTLI-HERNÁNDEZ, C. *et al.* Nurse species could facilitate the recruitment of mangrove seedlings after hydrological rehabilitation. **Ecological Engineering**, v. 130, p. 263-270, 2017.

TIMM, T.G. *et al.* Processamento de conservas de *Sarcocornia perennis*. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, p. 97-102, 2015.

VALENTI, W. C. *et al.* Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, 2021.

VAN WYK, P., SCARPA, J. Water quality and management. In: Van Wyk, P. et al. (Eds.). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida department of agriculture and consumer services, Tallahassee, pp. 128-138. 1999.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 144–153, 2013.

VINATEA, L. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura, Segunda edição revisada e ampliada. 2. ed. Florianópolis: **Editorial UFSC**. 2004.

WONGKIEW, S. *et al.* Nitrogen transformations in aquaponic systems: **A review**. **Aquacultural Engineering**, v. 76, p. 9–19, 2017.

WONGKIEW, S. *et al.* Fate of nitrogen in floating-raft aquaponic systems using natural abundance nitrogen isotopic compositions. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 125, p. 24-32, 2017.