



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



BRUNO RICARDO SCOPEL

**O POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA HALÓFITA *Batis maritima* (Bataceae) E
O DESENVOLVIMENTO DE UM BIOPROCESSO EM AQUICULTURA
MULTITRÓFICA INTEGRADA**

Recife
2019

BRUNO RICARDO SCOPEL

**O POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA HALÓFITA *Batis maritima* (Bataceae) E
O DESENVOLVIMENTO DE UM BIOPROCESSO EM AQUICULTURA
MULTITRÓFICA INTEGRADA**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências
Biológicas da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
doutor em Ciências Biológicas

Área de concentração: Biotecnologia

Orientador (a): Prof. Dr. Ranílson de Souza Bezerra

Coorientador (a): Prof^a. Dr^a. Márcia Vanuza da Silva

Recife

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Claudina Queiroz, CRB4/1752

Scopel, Bruno Ricardo

O potencial biotecnológico da halófito *Batis maritima* (Bataceae) e o desenvolvimento de um bioprocesso em aquicultura multitrófica integrada / Bruno Ricardo Scopel - 2019.

64 folhas: il., fig., tab.

Orientador: Ranilson de Souza Bezerra

Coorientadora: Márcia Vanuza da Silva

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Recife, 2019.

Inclui referências.

1. *Batis maritima* 2. Plantas halófitas 3. Fitoquímica

I. Bezerra, Ranilson de Souza (Orientador) II. Silva, Márcia Vanuza da (Coorientadora) III. Título

572.2 CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2021-182

BRUNO RICARDO SCOPEL

**O POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA HALÓFITA *Batis maritima* (Bataceae) E
O DESENVOLVIMENTO DE UM BIOPROCESSO EM AQUICULTURA
MULTITRÓFICA INTEGRADA**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências
Biológicas da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
doutor em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 25/07/2019

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Ranílson de Souza Bezerra (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª. Drª. Márcia Vanuza da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Profª. Drª. Maria Tereza dos Santos Correia
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Robson Coelho de Araujo Neri
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Dr. Janilson Felix da Silva
Universidade Federal da Bahia

Dedico esta tese à minha mãe Sônia
Léa Coutinho Pieczarcka pelo
exemplo, apoio e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço por todo o processo de desenvolvimento dos trabalhos e das pesquisas desta tese primeiramente à minha família por todo o suporte prestado.

Especialmente à minha mãe Sônia Léa Coutinho Pieczarcka e ao professor e amigo Orestes Estevan Alarcon, pelo incondicional apoio em todos os momentos.

Ao meu pai Celso C. Scopel (*in memoriam*) e meus irmãos Carlo André Scopel e Luiz Felipe Scopel.

Ao professor, mestre e amigo Ranílson de Souza Bezerra, meu orientador, por todo o suporte e paciência cedida.

Aos amigos do Labenz (UFPE), Ramires, Janílson, Thiago, Robson, Rudã e Lucas.

À professora Márcia Vanusa e seus alunos do Departamento de Produtos naturais (LPN), João, Bruno e Juliana.

À Professora Juliana Ferreira dos Santos da UFRPE.

Aos meus amigos sócios na empresa Ecomarine Biotech, Alexandre Lemos, Prof. Marcos Luiz Pessatti e César Formighieri.

Aos amigos Engenheiros de Pesca Alessandro Ferreira, Breno Mascarenhas, Estevão Campelo e aos amigos Engenheiros de Aquicultura Yuri Malaquias e Pedro Lindbergh pelo apoio durante o período de doutorando.

A todos que contribuíram de alguma forma na execução desta tese e que de uma maneira ou de outra contribuíram para chegar até este momento tão importante e especial.

Muito Obrigado!

RESUMO

Halófitas são plantas tolerantes ao sal, enriquecidas em compostos metabólicos com uma ampla gama de aplicações industriais. *Batis maritima* (*B. maritima*) é uma halófitas com raízes em zonas tropicais e subtropicais e o presente trabalho teve como objetivo investigar o extrato de folhas de *B. maritima* para abordagens de biotecnologia e bioprospecção. O presente estudo avaliou o perfil fitoquímico, o papel contra a atividade da acetilcolina e a atividade antioxidante de *B. maritima*, além de desenvolver e avaliar um novo sistema de produção denominado Sistema Aquicultura Multitrófica Integrada Marinha com reciclagem de nutrientes. A triagem fitoquímica do extrato das folhas de *B. maritima* mostrou a presença de compostos fenólicos, derivados de antracenos, saponinas e açúcares redutores. Além disso, a metodologia DPPH e TAC detectou uma atividade antioxidante significativa (IC_{50} $5,17 \pm 0,05 \mu\text{g} / \text{mL}$ e $0,45 \pm 0,08 \text{ mg.AAEm}$, respectivamente). A análise do teor de metais revelou o sódio (Na) como o sal mais abundante presente nas folhas de *B. maritima* ($1 \text{ g} / \text{kg}$), seguido do Al ($0,35 \text{ g} / \text{kg}$). Uma atividade quelante de metal também foi observada com $IC_{50} = 25,760 \pm 0,3 \mu\text{g} / \text{mL}$. Além disso, o extrato aquoso de *B. maritima* revelou um efeito anticolinesterásico de forma dose-dependente ($IC_{50} = 0,0023 \text{ mg} / \text{mL}$). O ensaio de hemólise não revelou quaisquer efeitos tóxicos. No entanto, no ensaio de citotoxicidade, apenas as maiores concentrações do extrato reduziram a viabilidade celular. Novos insights ainda estão por vir sobre o efeito dos compostos naturais na saúde mental e nas abordagens industriais. No entanto, sem dúvida, eles abrem novos caminhos para a investigação biotecnológica sobre seu potencial em sustentar a homeostase corporal / mental. Foi desenvolvido e apresentado pedido de patente do projeto piloto comercial de tecnologia inovadora, denominada “SPAMM” (Sistema Produtivo de Aquicultura Multitrófica Marinha), caracterizado como um sistema em economia circular.

Palavras-chave: *Batis maritima*; plantas halófitas; caracterização fitoquímica; aquicultura multitrófica; patente.

ABSTRACT

Halophytes are salt-tolerant plants, enriched in metabolic compounds with a wide range of industrial applications. *Batis maritima* (*B. maritima*) is a halophyte with roots in tropical and subtropical areas and the present study aimed to investigate the extract of *B. maritima* leaves for biotechnology and bioprospecting approaches. The present study evaluated the phytochemical profile, the role against the activity of acetylcholine and the antioxidant activity of *B. maritima*, in addition to developing and evaluating a new production system called Integrated Marine Aquaculture Multitrophic System with nutrient recycling. Phytochemical screening of *B. maritima* leaf extract showed the presence of phenolic compounds, derived from anthracenes, saponins and reducing sugars. In addition, the DPPH and TAC methodology detected significant antioxidant activity ($IC_{50} 5.17 \pm 0.05 \mu g / mL$ and $0.45 \pm 0.08 mg.AAEm$, respectively). The analysis of the metal content revealed sodium (Na) as the most abundant salt present in the leaves of *B. maritima* ($1 g / kg$), followed by Al ($0.35 g / kg$). Metal chelating activity was also observed with $IC_{50} = 25.760 \pm 0.3 \mu g / mL$. In addition, the aqueous extract of *B. maritima* revealed an anticholinesterase effect in a dose-dependent manner ($IC_{50} = 0.0023 mg / mL$). The hemolysis assay did not reveal any toxic effects. However, in the cytotoxicity assay, only the highest concentrations of the extract reduced cell viability. New insights are yet to come about the effect of natural compounds on mental health and industrial approaches. However, they undoubtedly open new avenues for biotechnological research on their potential to sustain body / mental homeostasis. A patent application was developed for the commercial pilot project of innovative technology, called "SPAMM" (Marine Multitrophic Aquaculture Productive System), characterized as a circular economy system.

Keywords: *Batis maritima*; halophyte plants; phytochemical characterization; multitrophic aquaculture; patent.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Introdução

Figura 1 –	<i>Batis maritima</i> coletada do ambiente natural e utilizada no estudo.	15
Figura 2 –	Produção global da pesca extrativa e da aquicultura (1950-2015).	20
Figura 3 –	Tabela de Produção Aquícola Brasileira (2013 a 2017).	21

Artigo

Gráfico 1 –	Atividade de inibição da AChE do extrato aquoso de <i>B. marítima</i> em diferentes concentrações.	39
-------------	--	----

LISTA DE TABELAS

Artigo

Tabela 1 –	Constituintes fitoquímicos do extrato aquoso de <i>Batis maritima</i> .	35
Tabela 2 –	Teor de fenóis e flavonóides em extratos aquosos de <i>Batis maritima</i> .	36
Tabela 3 –	Estimativa do teor de metal nas folhas de <i>Batis maritima</i> .	37
Tabela 4 –	Atividades antioxidantes e quelantes de metais do extrato aquoso de <i>Batis maritima</i> .	38
Tabela 5 –	Índice hemolítico (%) do extrato aquoso de <i>Batis maritima</i> .	39
Tabela 6 –	Efeito de extratos de <i>B. maritima</i> sob proliferação de células de fibroblastos murinos NIH-3T3.	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	GERAL	12
1.1.2	ESPECÍFICOS	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	AS PLANTAS HALÓFITAS	13
2.2	A ESPÉCIE <i>Batis maritima</i>	14
2.3	CULTIVO DE HALÓFITAS	16
2.4	AQUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA	19
2.5	AQUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA (AMTI)	23
2.6	SISTEMA PRODUTIVO AQUICULTURA MULTITRÓFICA MARINHA COM RECICLAGEM DE NUTRIENTES (SPAMM)	27
3	<i>Batis maritima</i> (BATACEAE), UMA HALÓFITA COM POTENCIAL PROMISSOR DE BIOPROSPECÇÃO	29
4	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PRODUTIVO AQUICULTURA MULTITRÓFICA MARINHA COM RECICLAGEM DE NUTRIENTES	46
5	CONCLUSÕES	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento considerável na produção de camarões, peixes e plantas aquáticas no Brasil e no mundo, novas tecnologias e processos produtivos têm sido desenvolvidos a fim de solucionar os problemas nas produções aquícolas, principalmente relacionados à problemas ambientais e de saúde, devido à alta produção de matéria orgânica e efluentes gerados nos processos de produção intensiva (FAO, 2018; PHILLIPS & SUBASINGHE, 2010; PRIMAVERA, 2006; SAMOCHA, 2017).

A Tecnologia Bioflocos (BFT), por exemplo, já bem difundida e utilizada para a produção intensiva de camarões e peixes no mundo, apresenta uma série de pontos a serem melhorados, uma vez que esta tecnologia produz uma quantidade significativa de matéria orgânica como efluente no processo de produção. Esta matéria orgânica excessiva, por muitas vezes, não é reutilizada e é descartada sem nenhum tratamento prévio, podendo prejudicar o meio ambiente e o próprio sistema de produção. Desta maneira, principalmente no que se refere ao tratamento e reutilização dos efluentes gerados na produção de camarões marinhos e peixes. Outra problemática em cultivos de camarões tradicionais é a incidência de doenças bacterianas e virais que culminam em mortalidades e baixas produtividades. (AVNIMELECH et al., 2014; BOYD & CLAY, 2002; PHILLIPS & SUBASINGHE, 2010; PRIMAVERA, 2006).

O sistema proposto no presente documento tem como objetivo trazer soluções aos problemas ainda não resolvidos nos sistemas produtivos intensivos de camarões e peixes, principalmente em sistemas que utilizam águas salobras e salgadas. As soluções compreende uma série de estratégias técnicas com a integração de diferentes sistemas produtivos e variadas espécies, as quais utilizam diferentes níveis tróficos dentro do próprio sistema de cultivo, sistema este conhecido como Aquicultura Multitrófica Integrada (AMTI). As plantas halófitas, como a espécie *Batis maritima* por exemplo, são uma excelente alternativa para serem utilizadas em Sistemas AMTI de água salobra e salgada, as quais são também objeto de estudo desta tese.

A produção em Aquicultura Multitrófica Integrada desenvolvida em água salgada é uma inovação, uma vez que a maioria dos sistemas de aquaponia tradicionais é realizada em água doce. No Sistema Produtivo Aquicultura Multitrófica Marinha com Reciclagem de Nutrientes (SPAMM) proporciona a reciclagem de

nutrientes, mas também o aproveitamento da matéria orgânica excedente e o reaproveitamento da água do cultivo, trazendo soluções aos problemas mais comuns dos cultivos mais tradicionais. Estas características possibilitam uma maior biossegurança no sistema, evitando contaminações por fatores externos ao cultivo, assim como mantém o equilíbrio dos parâmetros físicos e químicos da água. A utilização de peixes no processo produtivo também aumenta a imunidade dos camarões, evitando assim problemas com doenças.

Estas características peculiares supracitados foram desenvolvidas ao longo do tempo, após uma série de pesquisas e experimentos, assim como aplicação prática dos conceitos, o que possibilita uma maior segurança e confiabilidade na execução do processo produtivo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

O objetivo principal desta tese é avaliar o potencial biotecnológico da planta halófitas *Batis maritima* como fonte de antioxidantes, fitoquímicos, alimentos e medicamentos e trazer soluções mais eficientes, lucrativas e sustentáveis para o setor aquícola e pesqueiro, incluindo uma nova tecnologia de Aquicultura Multitrófica Integrada denominada SPAMM.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar o potencial da planta halófitas *Batis maritima* como integrantes do sistema de cultivo proposto;
- Avaliar o potencial de plantas halófitas *Batis maritima* como antioxidantes, fitoquímicos, como alimentos e medicamentos;
- Desenvolver e avaliar um novo sistema de produção denominado Sistema Aquicultura Multitrófica Integrada Marinha com Reciclagem de Nutrientes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AS PLANTAS HALÓFITAS

O termo "halófito" já foi relatado na literatura no início do século XVIII e essas plantas têm sido estudadas por gerações de cientistas desde então. As plantas halófitas são muito diversas dos pontos de vista taxonômico e ecológico e não há consenso sobre uma definição única do conceito de halófitas. Muitas definições foram criadas, entretanto, de forma geral, plantas halófitas (Grego hal = sal, phyton = planta) ou halofíticas podem ser definidas como plantas superiores vasculares (angiospermas) que apresentam tolerância e realizam seu ciclo de vida em ambientes com elevada concentração salina (100 a 500 mmol L⁻¹ de NaCl) (FLOWERS & COLMER, 2008; MARCONE, 2003; WAISEL, 1972; SQUIRES, AYOUB, 1992; GRIGORE, 2019).

Embora o número de espécies halofíticas seja relativamente baixo (<1%), elas estão presentes em cerca de metade das famílias de plantas superiores. Alguns gêneros contêm muitas espécies de halófitas, mas muitas ordens têm apenas algumas espécies. Uma distribuição desigual também é característica da presença de traços fisiológicos entre as ordens, por exemplo, a secreção de sal através das glândulas. Afinal, o habitat afeta os mecanismos utilizados pelas halófitas para lidar com a concentração de sal nos ambientes. (FLOWERS & COLMER, 2008; FLOWERS et al., 2010; FLOWERS et al., 2010; SHABALA & MACKAY, 2011; ROZEMA & SCHAT, 2013; SHABALA, 2013; DASSANAYAKE & LARKIN, 2017; HAZASANUZZAMAN, et al, 2019).

O sódio é um elemento essencial a estas plantas como nutriente. Porém, para se adaptar e sobreviver em ambientes extremamente salinos, as halófitas desenvolveram características fisiológicas e composições químicas especiais. A maioria das plantas evitam a salinidade, limitando a reprodução, crescimento e germinação durante períodos do ano, limitando a absorção de sal e penetrando suas raízes em solos não salinos (RAVEN et al., 2007; BUHMANN & PAPENBROCK, 2013).

Há variações nas adaptações desenvolvidas pelas halófitas e muitas delas, para manter concentrações baixas de sódio dentro das suas células, utilizam bomba de sódio e potássio para reenviar o sódio absorvido de volta ao ambiente e bombear

potássio para dentro das células. Outras halófitas, depois de absorver o sódio do ambiente, secretam o mesmo ou o isolam do citoplasma de suas células (RAVEN et al., 2007).

A natureza e ecologia da halófitas são consideradas muito complexas e estão representadas por espécies de arbustos, gramíneas e árvores, que crescem em condições que matam 99% das culturas convencionais (SQUIRES & AYOUB, 1992; HAZASANUZZAMAN, et al., 2019).

As plantas halófitas vêm sendo amplamente estudadas em diferentes centros de pesquisas ao redor do mundo, sendo evidenciado seus valores nutricionais e compostos bioativos presentes. Entre os compostos bioativos com propriedades terapêuticas encontradas são destacados os compostos fenólicos e suas propriedades antioxidantes, as quais podem resultar em diferentes atividades biológicas: antiinflamatória, antineoplásica, antitrombótica (LEE et al., 2002; JEONG et al., 2004; LEE et al., 2005; PARK et al., 2006; LEE et al., 2007; JANG et al., 2007; VENTURA et al., 2011; BUHMANN & PAPENBROCK, 2013).

As halófitas já vem sendo usada diferentes fins, como para alimentação humana, para forragem e ração animal, como oleaginosas e energéticas, na dessalinização e fitorremediação, em produtos “gourmets” e na alta gastronomia, bebidas alcóolicas, sal verde, etc. Além do consumo humano, as plantas halófitas vêm sendo estudadas como potenciais fitoterápicos na medicina e como aliadas nos cultivos de aquicultura multitróficas, devido ao seu potencial na remoção de nutrientes da água e bom crescimento em fazendas marinhas (LIETH et al., 2008; PINHEIRO, 2017; POLI, et al. 2018).

Esse grupo vegetal faz parte de um nível trófico diferente do camarão e tilápia, sendo um organismo fotoautotrófico e por ser tolerante ao sal, podem ser incluídos na composição de Aquicultura Multitrófica Integrada (IMTA) aplicado à criação de camarão em sistema bioflocos, utilizando conceitos aquapônicos (PINHEIRO et al., 2017; POLI et al; 2018).

2.2 A ESPÉCIE *Batis maritima*

A espécie *Batis maritima* Linnaeus (Figura 1) pertence à família Batacea, constituída por apenas um gênero, sendo a única espécie com ocorrência no Brasil em dunas do litoral nordestino. É caracterizada como subarbusto, perene, dióica e

produz biomassa sob diferentes níveis de estresse salino (MARCONE, 2003; SOUZA & LORENZI, 2008).

Figura 1 – *Batis maritima* coletada do ambiente natural e utilizada no estudo.



Fonte: O autor (2019).

Conforme Lonard et al (2011) é uma planta subtropical e tropical, com ampla distribuição nas Américas e nas Ilhas do Caribe que ocorre em restingas, marismas e manguezais com salinidades variando entre 18 a 50 PSU. Segundo a Flora Brasiliensis (2005) há provável ocorrência na região Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), além dos locais já confirmados no Nordeste (Maranhão e Rio Grande do Norte).

A composição química das sementes dessa espécie, com tamanho menor a 1,0 mm e peso abaixo de 0,5 mg, apresenta 87,3% de proteína e 17,3 a 25% de óleo. A parte proteica é rica em lisina e metionina, aminoácidos essenciais, sendo encontrada pouca atividade inibidora de tripsina. A fração de óleo presente possui alto grau de insaturação, cerca de 93%, sendo considerado de alta qualidade. O perfil de ácidos graxos é muito parecido ao do óleo de cártamo apresentando C16: 0,5,5%, C16: 1, 1,1%, C18: 0, 1,2%, C18: 1, 17,8%, C18: 2, 73,0% e C18: 3, 1,4%, sendo mais rico em antioxidantes lipossolúveis do que o óleo do cártamo. O α , δ e γ - tocoferóis apresenta 526,4, 117,5 e 27,4 mg.kg⁻¹, respectivamente, o que favorece a estabilidade oxidativa do óleo (MARCONE, 2003).

A importância descrita na literatura para esta espécie é de proteção de zonas costeiras e estabilizadora de substrato; potencial cultivo para solos salinizados; suas raízes são usadas, pelos índios Comia'ac, como adoçante para o café; as suas folhas usadas em saladas em Porto Rico; fornece nutrição e cobertura para animais selvagens; na medicina popular porto riquense é utilizada no tratamento de gota, eczema, psoríase, reumatismo, sangue e distúrbios da tireóide; na Península de Yucatán no México é usada para curar infecções cutâneas (LONARD et al., 2011).

Nos últimos anos, pelo seu potencial na nutrição funcional e suas propriedades antioxidantes, as espécies de plantas halófitas, como a *Batis marítima*, estão sendo cada vez mais pesquisadas e valorizadas, inclusive no Brasil com estudos realizados na integração de cultivo de camarões e plantas halófitas. Estas características se devem ao fato dessas plantas serem fontes de compostos bioativos, uma vez que com o aumento da salinidade, ocorre um aumento na formação de espécies reativas de oxigênio (ROS), as quais podem contribuir para a modificação da integridade da membrana celular e, também, para a modificação da atividade de diferentes enzimas. Em resposta a este tipo de dano oxidativo, induzem a síntese das enzimas antioxidantes (catalase, superóxido dismutase, glutathione redutase), e antioxidantes não enzimáticos (ascorbato, tocoferol, compostos fenólicos), que contribuem para o aumento dos compostos bioativos e consequentemente para o aumento da atividade antioxidante (DEBEZ et al., 2010; MARCONE, 2003).

A espécie de halófita *Batis marítima* foi a escolhida para ser objeto central deste estudo, uma vez que esta espécie demonstra grande potencial para serem cultivada em diferentes ambientes, com alta salinidade no solo e na água, como é o caso de fazendas litorâneas de camarões e peixes, como o semi-árido nordestino ou em sistema de aquicultura multitrófica pelo seu alto poder de absorção de nutrientes (DEBEZ et al., 2010; MARCONE, 2003).

2.3 CULTIVO DE HALÓFITAS

A produção mundial de alimentos precisará aumentar drasticamente para corresponder ao previsto aumento da população. Atingir esta meta será muito desafiadora devido à diminuição da disponibilidade de terras para cultivos agrícolas, resultante da urbanização e degradação da terra causada pela salinidade (PANTA et al., 2014; HASANUZZAMAN et al., 2018).

O impacto econômico da salinidade do solo na produção agrícola excede US\$ 27 bilhões por ano e espera-se que este valor aumente, dadas as tendências atuais nas mudanças climáticas. Atualmente, a salinidade do solo reivindica cerca de 3 ha de terras aráveis da lavoura convencional a cada minuto, forçando a produção agrícola ocorrer para áreas marginais e fazendo os cultivos de alimentos através da agricultura cada vez mais desafiadores e menos eficientes (QADIR et al., 2014; SHABALA et al., 2014; HASANUZZAMAN et al., 2018).

Muitos estudos tem mostrado a importância do cultivo das halófitas, principalmente como alternativa de produção em ambientes salinos. Fazendas de carcinicultura apresentam ambientes de condições extremas, como alta concentração de matéria orgânica e altas concentrações de sais no solo, demonstrando um grande potencial de uso e cultivo destas plantas (PINHEIRO et al., 2017; POLI et al. 2018; HASANUZZAMAN et al. 2019).

Pesquisas realizadas em diferentes lugares do mundo para espécies halófitas constataram produção de biomassa em áreas naturais, em wetlands e em sistemas de aquaponia. *Sarcocornia ambigua*, por exemplo, foi reportado com bom desempenho quando integrado com o camarão branco do pacífico em BFT, além de melhorar a recuperação de nitrogênio (PINHEIRO et al., 2017).

Segundo Debez et al. (2010), amostras da espécie *Batis maritima* foram cultivadas em experimento para verificar a resposta em concentrações de NaCl com 0 mM (controle), 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM, 600 mM, 800 mM, e 1000 mM, por 60 dias em vasos de plástico de 2 litros e substrato de vermiculita. Os resultados apresentaram sobrevivência de 100% para concentração de NaCl de 1000 mM, embora o ganho de biomassa tenha sido menor do que para as outras concentrações, e; apresentou aumento significativo para peso de biomassa seca da parte aérea em concentrações ente 100-300 mM de NaCl em comparação com um ótimo em 200 mM, sendo mais de 122% do valor encontrado para o controle.

Em estudo com a mesma espécie, *Batis maritima*, foram testados três tipos de substratos (húmus, vermiculita e areia lavada) irrigados com concentrações de NaCl de 0 mM (controle), 50 mM, 100 mM, 150 mM e 200 mM, durante 60 dias, sendo feitas medições de crescimento em altura e peso da biomassa úmida ao final. Os resultados encontrados foram maiores para altura em Taxa de Crescimento Relativo ($TCR = 0,041 \text{ cm.dia}^{-1}$) em concentração de 50 mM e substrato de húmus; enquanto para os substratos com vermiculita e areia os maiores valores encontrados foram,

respectivamente, $TCR = 0,042 \text{ cm.dia}^{-1}$ e $TCR = 0,037 \text{ cm.dia}^{-1}$, em concentração de 200 mM (GUIMARÃES et al., 2014).

A *Batis maritima*, da Costa de Sonora no México, entre outras plantas consideradas forrageiras, é cultivada em areia da praia e irrigada com água do mar hipersalina da criação de camarão com 40 ppt de sólidos totais dissolvidos, 20 ppm de nitrogênio-nitato, 0,03 ppm de nitrogênio amoniacal e 0,5 ppm de fósforo, obteve produtividade de $1738 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ de peso seco (O'LEARY et al., 1985).

Em outro estudo com halófitas, em sistema de aquaponia com peixe usando filtro e biorreator para fixação de biofilme, a espécie *Batis maritima* foi cultivada em vasos de fibra de coco e suporte para flutuação em bancada hidropônica apresentando os seguintes resultados: taxa de sobrevivência de 30%, desempenho máximo de $77,4 \pm 14 \text{ g.m}^{-2}$ de peso de massa seca e, a massa seca média por planta foi de $0,7 \pm 0,64 \text{ g}$, no 79º dia (BOXMAN et al., 2018).

Em experimento em aquaponia integrando cultivo da espécie *Sarcocornia ambigua* com o camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos, durante 73 dias, utilizaram-se tanques de 800 l, sedimentador cilíndrico cônico de 40 l e bancada hidropônica confeccionada com cano PVC de diâmetro de 50 cm com $0,4 \text{ m}^2$ de área para cultivo de 40 plantas. O peso da massa média das plantas, com quatro repetições, foi de $85,1 \pm 59,1 \text{ g}$ com ganho de biomassa de $3,1 \pm 0,2 \text{ kg}$ e de $8,2 \pm 0,3 \text{ kg.m}^{-2}$ (PINHEIRO, 2017).

Em outro experimento, a *Sarcocornia ambigua* foi cultivada no solo e irrigada com efluente de cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei*, em quatro diferentes espaçamentos e densidades ($16,7 \text{ plantas.m}^2$, $8,3 \text{ plantas.m}^2$, $5,6 \text{ plantas.m}^2$ e $4,2 \text{ plantas.m}^2$), durante 150 dias. Os resultados para crescimento não apresentaram diferenças significativas em relação ao espaçamento e densidade das plantas, sendo que as médias variaram de $18,8 \pm 0,8 \text{ cm}$ ($8,3 \text{ plantas.m}^2$) a $20,9 \pm 0,9 \text{ cm}$ ($5,6 \text{ plantas.m}^2$). Em relação a biomassa fresca houve diferenças significativas entre as diferentes densidades/espaçamentos com valores menores quanto mais próximas as plantas encontravam-se com médias de $81,6 \pm 7,2 \text{ g}$ e $94,9 \pm 12,5 \text{ g}$ e, maiores para as densidades mais espaçadas com médias de $168,5 \pm 24,5 \text{ g}$ e $196,9 \pm 30,5 \text{ g}$ (IZEPPI, 2011).

Testes prévios realizados pelo presente autor desta tese, demonstraram uma rápida adaptação e crescimento da *Batis marítima* no solo e na água em uma fazenda de carcinicultura, sendo utilizado matéria orgânica excessiva do cultivo de camarão

como adubo.

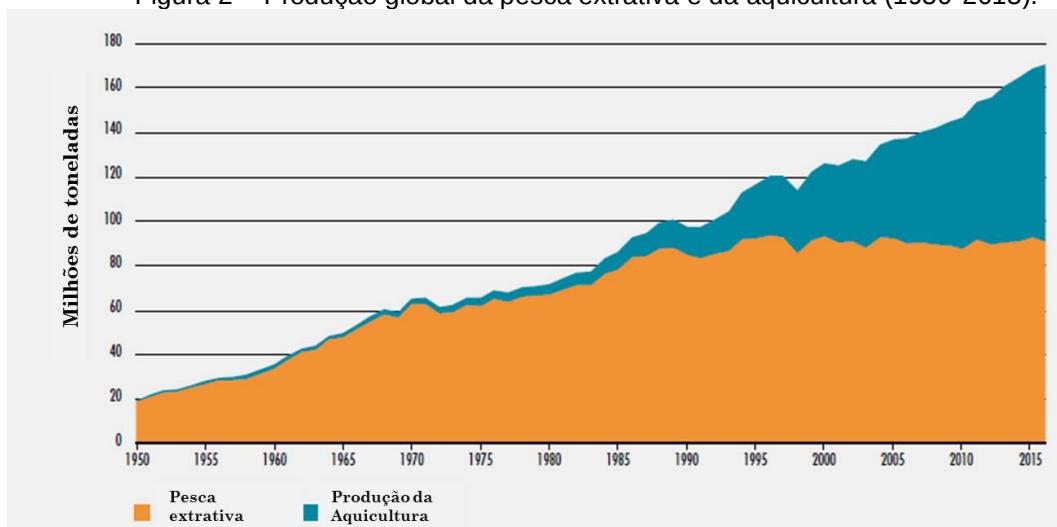
2.4 AQUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA

A aquicultura é considerada um importante e promissor setor na área do agronegócio e produção de alimentícia, por produzir alimentos com proteína de alta qualidade, gerar empregos e oportunidades para a população, principalmente em regiões mais afastadas dos centros urbanos e áreas rurais, controlando a subsistência de 10-12% da população mundial, principalmente em países em desenvolvimento. Diante disso, o aumento na demanda por recursos pesqueiros para consumo humano tem gerado um grande crescimento na produção aquícola nas últimas décadas (FAO, 2018).

A produção global de pescados atingiu o pico de cerca de 171 milhões de toneladas em 2016, com a aquicultura representando 47% do total (aquicultura e pesca). A produção aquícola total incluiu 80,0 milhões de toneladas de pescados como fonte alimentar (USD 231,6 mil milhões) e 30,1 milhões toneladas de plantas aquáticas (USD 11,7 bilhões), bem como 37.900 toneladas de produtos não alimentares (USD 214,6 milhões) (Figura 2). A produção de peixes cultivados incluiu 54,1 milhões de toneladas de peixe (USD 138,5 bilhões), 17,1 milhões de toneladas de moluscos (29,2 bilhões), 7,9 milhões de toneladas de crustáceos (USD 57,1 bilhões) e 938.500 toneladas de outros animais aquáticos (USD 6,8 bilhões), como tartarugas, pepinos do mar, ouriços do mar, rãs e medusas. Plantas aquáticas cultivadas incluídas na sua maioria algas e um volume de produção muito menor de microalgas. O valor total de venda de pescados em 2016 foi estimado em USD 362 bilhões, dos quais US\$ 232 bilhões são da produção aquícola (FAO, 2018).

Com a pesca extrativa relativamente estática desde o final dos anos 80, a aquicultura tem sido responsável por um crescimento contínuo na oferta de pescados para consumo humano (Figura 2). Entre 1961 e 2016, o aumento médio anual de consumo global de pescados como alimento (3,2% a.a) ultrapassou o crescimento populacional (1,6% a.a) e excedeu de todos os animais terrestres combinados (2,8 % a.a). O consumo per capita de peixe de 9,0 kg em 1961 aumentou para 20,2 kg em 2015, com uma taxa média de cerca de 1,5% ao ano. Estimativas para 2017 apontam para crescimento adicional para cerca 20,5 kg (FAO, 2018).

Figura 2 – Produção global da pesca extrativa e da aquicultura (1950-2015).



Fonte: FAO, 2018.

É importante ressaltar que desde 2000 a aquicultura mundial já não cresce em taxas anuais tão elevadas como dos anos 80 e década de 1990 (10,8 e 9,5%, respectivamente), no entanto, a aquicultura continua a crescer mais rápido do que outros grandes setores de produção de alimentos.

Referente aos dados nacionais, segundo a Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) realizada pelo IBGE (2017) revelou que, em 2017, a aquicultura brasileira produziu, entre camarões, peixes e moluscos, 547 mil toneladas de pescado. Um volume 5,7% inferior ao que foi apurado em 2016.

Na produção de camarões marinhos no Brasil, em 2017, foram despescadas 40,9 mil toneladas, representando uma queda de 21,4% em relação a 2016. Esta queda está relacionada diretamente com os problemas de doenças que assolam os cultivos, como a doença da Mancha Branca (*White Spot Syndrome Virus - WSSV*) e impactando fortemente a produção de camarão, principalmente nos estados do Nordeste, responsáveis por 98,8% da produção nacional. O Estado do Rio Grande do Norte se destacou ao produzir 15,4 mil toneladas, um crescimento de 5,31% com relação ao ano de 2016 (Figura 3) e voltou a ocupar a primeira posição no ranking nacional IBGE (2017).

Figura 3 – Tabela de Produção Aquícola Brasileira (2013 a 2017).

Produção Brasileira	2013(t)	2014 (t)	2015(t)	2016 (t)	2017(t)	2017 - Valor 1.000 R\$
Peixes	392.492	474.329 (20,85%)	483.241 (+1,88%)	498.205 (+4,94%)	485.254 t (-2,6%)	3.071.140,00 (-4,17%)
Camarões	64.668	65.018 (+0,54%)	69.859 (+7,45)	52.119 (-25,39%)	40.967 t (-21,4%)	887.786,00 (-0,13%)
Ostras, vieiras e mexilhões	19.359	22.091 (+14,11%)	21.063 (-4,65%)	20.829 (-1,12%)	20.942 t (+0,54%)	83.214,00 (+21,5%)
TOTAL AQUICULTURA	476.519	561.438 (+17,82%)	574.163 (+2,27%)	580.070 (+1,03%)	547.163 (-5,67%)	4.042.140,00 (-4,2%)

Os valores entre parênteses são percentuais de ganhos ou perdas em relação ano anterior.

Fonte: IBGE, 2017.

Mesmo com toda a importância socioeconômica global, produzindo alimentos de alta qualidade, gerando renda e emprego, se o crescimento da aquicultura for descontrolado e mal instruído tecnicamente, problemas ambientais como desmatamento de vegetações costeiras, disseminação de doenças associadas ao cultivo e geração de efluentes com alta concentração de nutrientes e matéria orgânica podem ocorrer. Além disso, os cultivos aquícolas realizados de forma tradicional estão condenados a enfrentarem diversas barreiras ambientais e restrições governamentais, principalmente pela escassez de água, junto com a necessidade em economizá-la (HOPKINS et al., 1995; BOYD & CLAY, 2002; PRIMAVERA, 2006; PHILLIPS & SUBASINGHE, 2010; ARANTES, 2014; SAMOCHA, 2017).

Além de problemas ambientais passíveis de ocorrer nos cultivos, as doenças, por exemplo, é hoje o maior entrave para o desenvolvimento e crescimento da atividade, causando perdas econômicas significativas em todo o mundo, principalmente devido ao surgimento de novas doenças. Nos cultivos de camarão, como a *Early Mortality Syndrome* (EMS) ou *Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome* (AHPNS), a qual ainda não afeta o Brasil, já atinge grandes produtores mundiais como China, Tailândia, Vietnã, México, entre outros. Além dos vírus que causam problemas aos produtores brasileiros há vários anos como o *Vírus da Mionecrosi Infeciosa* (IMNV) e o *White Spot Syndrome Vírus* (WSSV), os quais atingem praticamente todos os estados brasileiros produtores de camarão como Santa

Catarina, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará) (ALDAY-SANZ, 2010; ROCHA, 2013; ABCC, 2017; SAMOCHA, 2017; FAO, 2018).

Como alternativas para superar as barreiras e os entraves econômicos, ambientais e sociais da aquicultura, novas tecnologias de cultivo estão sendo desenvolvidas em nível mundial, destacando-se os sistemas de produção em sistema bioflocos ou Tecnologia Bioflocos (*Biofloc Technology – BFT*), sistema mixotrófico, sistemas fechados com baixas trocas de água, sistemas de recirculação (RAS) (EBELING *et al*, 2006) e aquicultura multitrófica integrada (AMTI) (*Integrated Multitrophic Aquaculture - IMTA*) com peixes, plantas e/ou moluscos (FAO, 2009). Apesar de existirem diferentes modelos e definições para as variadas formas de tecnologia, o que se deve destacar em termos de produção de camarões, é um mínimo uso de água e uma alta produtividade, características importantes dos sistemas descritos, o que possibilita o aumento da biossegurança, reduzindo também a introdução de doenças no sistema produtivo e também a redução da dependência da farinha de peixe nas dietas, tendo em vista a suplementação alimentar fornecida pelos bioflocos desenvolvidos no sistema (VAN WYK & SCARPA, 1999; BOYD & CLAY, 2002; BROWDY & MOSS, 2005; TIMMONS & EBELING, 2006; SAMOCHA, 2009; AVNIMELECH, 2012; TAW, 2013; SCOPEL, 2014a; SCOPEL, 2014b; SAMCOHA, 2017; SCOPEL & SILVA, 2017a; SCOPEL & SILVA, 2017b).

Outra preocupação atual na aquicultura mundial é o aproveitamento dos nutrientes orgânicos e inorgânicos oriundos dos cultivos. No caso de cultivos em fazendas marinhas de carcinicultura, o fato de gerar efluente com concentrações altas de sais, torna-se mais complicada a sua utilização para o cultivo de vegetais ou leguminosas por exemplo. Uma alternativa para a inserção da carcinicultura ao cultivo integrado com plantas é através do cultivo de *L. vannamei* e plantas halófitas de valor comercial, por exemplo. Essas plantas possuem mecanismos capazes de suportar altas salinidades. Algumas espécies de plantas halófitas vêm ganhando mais atenção nos últimos anos como alternativas aos ambientes salgados das fazendas de carcinicultura, principalmente as dos gêneros *Salicornia*, *Sarcocornia* e *Batis maritima* (MARCONE, 2003; PRIMAVERA, 2006; FLOWERS & COLMER, 2008; PHILLIPS & SUBASINGHE, 2010; DEBEZ, et al., 2010; BERTIN, 2014; POLI et al., 2018).

Portanto, nos tempos atuais, onde a preservação do meio ambiente e a produção de alimentos de maneira sustentável são exigências dos órgãos ambientais e do mercado consumidor, faz-se necessária a adoção de sistemas de cultivo nos

quais a renovação de água seja minimizada, reduzindo o uso dos recursos hídricos, a emissão de efluentes e a transmissão de doenças, culminando em uma atividade ambientalmente amigável (BOYD & CLAY, 2002; AVNIMELECH, 2012).

Sistemas de produção em aquicultura foram desenvolvidos e aplicados ao longo dos anos, com os mais diferentes funcionamentos, técnicas, finalidades e espécies utilizadas, ainda há uma série de alternativas e novas tecnologias que podem ser aplicadas para uma máxima produtividade e mínimo uso de água, a fim de trazer soluções aos problemas que afetam o setor atualmente, incluindo as doenças e os problemas ambientais (AVNIMELECH, 1999, MCINTOSH et al., 2001; TAW, 2006; SAMOCHA, 2017).

2.5 AQUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA (AMTI)

Com a disseminação de doenças em fazendas de carcinicultura no mundo todo, trazendo prejuízos severos aos produtores ao redor do mundo, novos sistemas de produção têm sido desenvolvidos e aplicados, a fim de trazer soluções aos problemas com doenças nos cultivos, assim como minimizar os impactos ambientais da atividade produtiva, tornando a carcinicultura e a aquicultura em geral mais produtiva e sustentável (AVNIMELECH, 1999; McINTOSH., 2000; TAW, 2006; FAO, 2009; SAMOCHA, 2017).

Nos cultivos convencionais de camarão (cultivos extensivos, semi-intensivos e intensivos tradicionais) comumente se adota, como estratégia de manejo, renovações ou trocas de água, para que a qualidade de água seja mantida ideal para o crescimento e sobrevivência dos animais. O efluente gerado é rico em nutrientes orgânicos (fezes, exoesqueleto, microalgas mortas e restos de ração), e inorgânicos (principalmente fósforo e nitrogênio), o que requer tratamento prévio antes que o efluente seja lançado ao ambiente, para que a legislação ambiental vigente seja seguida. Ações de tratamento de efluentes nem sempre são tomadas pelos produtores. O efluente de sistemas extensivos (1 a 10 camarões por m²) são muito menos carregados de nutrientes quando comparado a sistemas com maiores densidades e biomassas como sistemas semi-intensivos (10 a 40 camarões por m²) ou intensivos tradicionais (acima de 40 camarões por m²). Estes sistemas de produção, chamado sistemas abertos, são dependentes de renovações de água e acabam ficando muito vulneráveis às variações ambientais, tanto da água quanto da atmosfera, aumentando a probabilidade de entrada de vetores com doenças virais e

bacterianas, extremamente agressivas aos animais, causando perda de rendimento e mortalidades (SAMOCHA et al., 2010; SAMOCHA et al., 2017).

Tecnologias de produção que reduzam os riscos de contaminação por doenças e que diminuam a emissão de efluentes têm sido desenvolvidas ao longo das últimas duas décadas, destacando-se a Tecnologia Bioflocos (BFT). A Tecnologia BFT é uma técnica que possibilita o aumento considerável da densidade de povoamento (>100 camarões por m^2) e da biomassa final produzida ($1,00Kg$ à $>10,00Kg$ por m^3 de água) com baixa ou nenhuma troca de água, o que diferencia consideravelmente aos sistemas intensivos tradicionais e mais antigos, dependentes de altas taxas de renovação de água (AVNIMELECH, 1999; MCINTOSH., 2000; BOYD & CLAY, 2002; AVNIMELECH, 2005; AVNIMELECH et al., 2012; TAW, 2012; TAW, 2013; SAMOCHA, 2017).

A Tecnologia BFT baseia-se principalmente nas seguintes características:

- a) Aumento considerável na densidade de povoamento e na biomassa de camarões;
- b) Desenvolvimento de uma comunidade rica em microorganismos (como microalgas, zôoplancton, bactérias, fungos, protozoários), os quais desempenham em diferentes funções, no controle e alterações na qualidade de água.
- c) Manutenção de altas taxas de oxigênio dissolvido na água ($O.D >4,00mg/L$);
- d) Controle dos compostos nitrogenados NH_3 (Amônia Total ou TAN) e NO_2 (nitrito) através de bactérias heterotróficas e/ou quimioautotróficas.
- e) Manutenção da relação Corgânico:N acima de 10:1, através da adição de carbono orgânico (açúcares), para promover o processo de assimilação da amônia pelas bactérias heterotróficas (principalmente no início do cultivo).
- f) Formação e ressuspensão dos flocos microbianos ou bioflocos na coluna da água.

Devido à baixa ou nula troca de água em paralelo com o aumento considerável da biomassa, rapidamente os compostos orgânicos (fezes, exoesqueleto, microalgas mortas e restos de ração) e inorgânicos (principalmente $N-NH_4$, $N-NO_2$, NO_3 e PO_4) se acumulam na água, alterando consideravelmente os parâmetros de qualidade de água, podendo chegar a níveis tóxicos aos camarões. Os compostos orgânicos, ressuspensos na coluna da água pela alta e constante aeração do tanque de cultivo, começam a se agrupar em estruturas microscópicas (micro agregados), auxiliados por processos químicos e físicos, aumentando de tamanho ao longo do cultivo e formando os bioflocos em poucos dias. As bactérias (heterotróficas e quimioautotróficas) agregadas aos bioflocos e aos detritos da água, exercem o papel de filtro biológico da

água, removendo os compostos tóxicos da água, diminuindo as necessidades de trocas de água do cultivo. Ao mesmo tempo em que os bioflocos (microorganismos) suspensos na água atuam como controladores e na manutenção da qualidade de água, os bioflocos servem como alimento de alta qualidade aos camarões cultivados. A tilápia também é uma espécie que se alimenta dos detritos suspensos na água e se adapta bem na integração com camarão, além de seu excelente desempenho zootécnico, rusticidade e tolerância ao sal. Além disso, a tilápia mostrou boa desempenho quando integrado com criação de camarão em tecnologia biofloco usando apenas 1% de peixe biomassa para alimentação, melhorando assim a recuperação de nitrogênio e fósforo (AVNIMELECH, 1999; EBELING et al., 2006; WASIELESKY et al., 2006; DeSCHRYVER et al., 2008; DeSCHRYVER et al., 2009; SCOPEL et al., 2011; ZIMMERMANN, 2015; AVNIMELECH, 2015; SAMOCHA et al., 2017; POLI et al., 2019).

O cultivo de camarão em Tecnologia Bioflocos, tem trazido vantagens aos produtores de camarão em comparação aos cultivos tradicionais. Dentre os benefícios estão altas produtividades do camarão, reuso da água em vários ciclos de produção e, conseqüentemente, impactos ambientais reduzidos (AVINIMELECH, 2005; BOYD & CLAY, 2002; HARGREAVES, 2013; KRUMMENAUER et al., 2014).

Pesquisadores e empresas têm experimentado combinações da Tecnologia Bioflocos (BFT) em sistema de policultivo (camarões e peixes no mesmo tanque) e em Sistema Multitróficos Integrados, onde o cultivo de peixe ou camarão é integrada com vegetais, microalgas, mariscos e/ou algas para a melhoria da qualidade da água (FITZSIMMONS et al., 2008; ZIMMERMANN, 2017; POLI et al, 2019).

Camarões cultivados em sistemas de produção mais intensivos e mais biosseguros vêm sendo aplicados em escala comercial desde o início dos anos 2000 principalmente no sudeste asiático (Indonésia, Tailândia e China), América do Sul (Peru a partir de 2006). Atualmente há projetos de alta tecnologia em diversos países ao redor do mundo, inclusive com a fusão de diferentes tecnologias, com por exemplo a Tecnologia Bioflocos com Sistemas de Recircuação (RAS) (MCINTOSH, 2000; BOYD & CLAY, 2002; TAW, 2013; SCOPEL, 2014a; ZIMMERMANN, 2019).

No Brasil, em decorrência do aparecimento da doença da mancha branca ou “White Spot Syndrome Virus” (WSSV) primeiramente em Santa Catarina no ano de 2005 e posteriormente no nordeste do país a partir de 2010, os produtores de camarão começaram a adotar novas estratégias e medida com o objetivo de reduzir os

impactos das doenças. Entre estas medidas inclui-se sistemas de recirculação de água, o uso de berçários em estufas ou sistemas bifásicos, diminuindo assim o ciclo de cultivo em viveiros abertos e também a aplicação da tecnologia Bioflocos em viveiros com estufas (SCOPEL & SILVA, 2017a; SCOPEL & SILVA, 2017b).

Com o passar dos anos as tecnologias intensivas e superintensivas com baixa utilização e renovação de água, diferentemente dos sistemas convencionais, vêm se aprimorando e demonstrando cada vez mais ser a solução para uma série de problemas que envolvem os cultivos de camarões e peixes ao redor do mundo, principalmente em relação à sanidade (doenças), impactos ambientais, segurança alimentar e sustentabilidade.

No Brasil, a tecnologia BFT teve início em pesquisas universitárias a partir dos anos de 2005 na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Federação Universidade de Rio Grande (FURG), principalmente como alternativas aos problemas causados pela doença da Mancha Branca (White Spot Síndrome Vírus - WSSV), inicialmente em Santa Catarina em 2005 e posteriormente no nordeste do país, a partir de 2011. Com a evolução tecnológica, o aprimoramento e os desafios da aplicação da Tecnologia Bioflocos (BFT) em escala comercial em fazendas de camarão já implantadas, fizeram que novos conceitos surgissem e complementassem as tecnologias já existentes. A alta densidade de animais cultivados em tanques gera, mesmo que benéfica por um lado, uma quantidade grande matéria orgânica como efluente (bioflocos concentrado), o que pode causar também problemas ao cultivo e ao meio ambiente se esta for descartada sem tratamento prévio. Esta matéria orgânica excedente é muito rica nutricionalmente e ainda muito pouco utilizada para outros fins. Sua utilização pode ser direcionada para diferentes aplicações, desde alimento para outros organismos cultivados e adubo, até como ingrediente de ração e produção de biogás.

Paralelamente à Tecnologia Bioflocos, as tecnologias chamadas de Aquicultura Multitrófica Integrada (AMTI), onde diferentes organismos são cultivados juntos ou separados aproveitando os nutrientes gerados por outros organismos têm ganhado força nos últimos anos por todo o mundo, devido as vantagens técnicas, ambientais e mercadológica que estas tecnologias apresentam. Países como Noruega, Canadá, Alemanha, China, já desenvolvem tecnologias AMTI em escalas comerciais, com diferentes modelos e espécies utilizadas. Sistemas produtivos envolvendo organismos aquáticos como ostras, peixes marinhos e algas em cultivos em mar aberto, são já

bem desenvolvidos em alguns países, assim como cultivos em viveiros com camarões e peixes por exemplo. Diferentes modelos podem ser aplicados utilizando os conceitos dos sistemas multitróficos, uma vez que dependendo das características ambientais da região dos cultivos, as espécies de cada local podem coexistir e viverem em simbiose (FAO, 2009).

Considerando que novas tecnologias de produção estão emergindo no cenário aquícola mundial, trazendo soluções às problemáticas do setor, assim como possibilitando novas possibilidades e variedades de organismos a serem produzidos em fazendas, o aprimoramento e o refinamento destas tecnologias se torna essencial, uma vez que algumas premissas técnicas precisam ser melhoradas nas tecnologias atuais para aumentar a produtividade e as tornarem mais sustentáveis.

Os principais desafios da tecnologia atual é operarem em escalas comerciais cada vez maiores e se adequarem as necessidades dos produtores/investidores, uma vez que o sistema operacional depende de um aprofundado conhecimento técnico.

2.6 SISTEMA PRODUTIVO AQUICULTURA MULTITRÓFICA MARINHA COM RECICLAGEM DE NUTRIENTES (SPAMM)

Camarões cultivados em sistemas de produção mais intensivos e mais biosseguros vêm sendo aplicados em escala comercial desde o início dos anos 2000 principalmente no sudeste asiático (Indonésia, Tailândia e China), América do Sul (Peru a partir de 2006) e Brasil a partir de 2010 e hoje há projetos de alta tecnologia em diversos países ao redor do mundo.

Mesmo havendo anteriormente uma série de pesquisas comprovando a eficiência de tecnologias de alta produtividade e com baixa dependência de trocas de água, como a bem conhecida e disseminada Tecnologia Bioflocos (BFT) que começou a ser desenvolvida em laboratórios de pesquisa ainda nos anos 90. Com o passar dos anos as tecnologias intensivas e superintensivas com baixa utilização e renovação de água (como em sistemas tradicionais) foram se aprimorando e demonstrando cada vez mais ser a solução para uma série de problemas que envolvem os cultivos de camarões e peixes ao redor do mundo, principalmente em relação à sanidade (doenças), impactos ambientais, segurança alimentar e sustentabilidade.

No Brasil, a tecnologia BFT teve início em pesquisas universitárias a partir dos anos de 2005 na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Federação Universidade de Rio Grande (FURG), principalmente como alternativas aos problemas

causados pela doença da Mancha Branca (White Spot Síndrome Vírus - WSSV), inicialmente em Santa Catarina em 2005 e posteriormente no nordeste do país, a partir de 2011. Com a evolução tecnológica, o aprimoramento e os desafios da aplicação da Tecnologia Bioflocos em escala comercial em fazendas de camarão já existentes, fizeram que novos conceitos surgissem e complementassem as tecnologias já existentes.

A alta densidade de animais cultivados em tanques gera, mesmo que benéfica por um lado, uma quantidade grande matéria orgânica como efluente (bioflocos concentrado), o que pode causar também problemas ao cultivo e ao meio ambiente se esta for descartada sem tratamento prévio. Esta matéria orgânica excedente é muito rica nutricionalmente e ainda muito pouco utilizada para outros fins. Sua utilização pode ser direcionada para diferentes aplicações, desde alimento para outros organismos cultivados e adubo, até como ingrediente de ração e produção de biogás. Paralelamente à Tecnologia Bioflocos, as tecnologias chamadas de Tecnologias de Aquicultura Multitrófica Integrada (IMTA), onde diferentes organismos são cultivados juntos ou separados onde um organismo aproveitando os nutrientes gerados por outros organismos têm ganhado força nos últimos anos por todo o mundo uma vez das inúmeras vantagens técnicas, ambientais e mercadológica que estas tecnologias apresentam. Países como Noruega, Canadá, Alemanha, China, já desenvolvem tecnologias IMTA em escalas comerciais, com diferentes modelos e espécies utilizadas. Sistemas produtivos envolvendo organismos aquáticos como ostras, peixes marinhos e algas em cultivos em mar aberto, são já bem desenvolvidos em alguns países, assim como cultivos em viveiros com camarões e peixes por exemplo. Diferentes modelos podem ser aplicados utilizando os conceitos dos sistemas multitróficos, uma vez que dependendo das características ambientais da região dos cultivos, as espécies de cada local podem coexistir e viverem em simbiose.

3

***Batis maritima* (Bataceae), uma halófita com potencial promissor de bioprospecção**

Bruno Ricardo Scopel^a, Paulo Henrique Oliveira de Miranda^b, João Victor de Oliveira Alves^b, Bruno Oliveira de Veras^b, Luciclaudio Cassimiro Amorim^b, Michelle Melgarejo da Rosa^c, Ranilson de Souza Bezerra^a, Márcia Vanusa da Silva^b

^a Laboratory of Enzimology (LABENZ), Departament of Biochesmistry, Federal University of Pernambuco, Av. Prof. Artur de Sá, s/n, 50740-520, Recife, Pernambuco, Brazil.

^b Centre of Biosciences, Biochemistry Department, Federal University of Pernambuco, Av. Prof. Artur de Sá, s/n, 50740-520, Recife, Pernambuco, Brazil.

^c Center for Therapeutic Innovation of Pernambuco (NUPIT), Av. Prof. Artur de Sá, s/n, 50740-520, Recife, Pernambuco, Brazil.

Resumo/Abstract

Antecedentes e objetivos: Halófitas são plantas tolerantes ao sal, enriquecidas em compostos metabólicos com uma ampla gama de aplicações industriais. *Batis maritima* (*B. maritima*) é uma halófita com raízes em zonas tropicais e subtropicais e o presente trabalho teve como objetivo investigar o extrato de folhas de *B. maritima* para abordagens de biotecnologia e bioprospecção.

Métodos: O presente estudo avaliou o perfil fitoquímico, o papel contra a atividade da acetilcolina e a atividade antioxidante de *B. maritima*.

Resultados: A triagem fitoquímica do extrato das folhas de *B. maritima* mostrou a presença de compostos fenólicos, derivados de antracenos, saponinas e açúcares

redutores. Além disso, a metodologia DPPH e TAC detectou uma atividade antioxidante significativa (IC_{50} $5,17 \pm 0,05 \mu\text{g} / \text{mL}$ e $0,45 \pm 0,08 \text{ mg.AAEm}$, respectivamente). A análise do teor de metais revelou o sódio (Na) como o sal mais abundante presente nas folhas de *B. maritima* ($1 \text{ g} / \text{kg}$), seguido do Al ($0,35 \text{ g} / \text{kg}$). Uma atividade quelante de metal também foi observada com $IC_{50} = 25,760 \pm 0,3 \mu\text{g} / \text{mL}$. Além disso, o extrato aquoso de *B. maritima* revelou um efeito anticolinesterásico de forma dose-dependente ($IC_{50} = 0,0023 \text{ mg} / \text{mL}$). O ensaio de hemólise não revelou quaisquer efeitos tóxicos. No entanto, no ensaio de citotoxicidade, apenas as maiores concentrações do extrato reduziram a viabilidade celular.

Interpretações e conclusões: Novos insights ainda estão por vir sobre o efeito dos compostos naturais na saúde mental e nas abordagens industriais. No entanto, sem dúvida, eles abrem novos caminhos para a investigação biotecnológica sobre seu potencial em sustentar a homeostase corporal / mental.

Palavras-chave: Atividades antioxidantes; Atividade citotóxica; halófitas; Conteúdo de metais; Fenólicos; Caracterização fitoquímica.

Introdução

A salinidade do solo tem sido associada a práticas não sustentáveis. Várias espécies de plantas tolerantes ao sal (também conhecidas como halófitas) foram exploradas como plantas de cultivo para controlar as concentrações de sal e metais no ambiente (Hasanuzzaman et al., 2014).

A biomassa produzida a partir de halófitos possui uma variedade de aplicações biológicas, industriais e médicas. Embora outras propriedades importantes dos halófitos, sem dúvida, ainda precisam ser estudadas, elas têm contribuído para o avanço dos nutracêuticos, das abordagens industriais e da farmacologia (Kong et al., 2008; Jeong et al., 2004; Ventura et al., 2011; Hameed; Khan, 2011; Buhmann e Papenbrock, 2013; Munns e Gilliam, 2015).

B. maritima (Bataceae) é uma planta herbácea halófita encontrada nas zonas tropicais e subtropicais do Brasil (constituída principalmente por 17,3% de proteína e 25% de óleo). *B. maritima* é amplamente utilizado na medicina popular para fins inflamatórios e antioxidantes (Schardong et al., 2020; Lonard et al., 2013; Marcone,

2003).

O presente estudo teve como objetivo elucidar o perfil fitoquímico e a atividade bioquímica do extrato aquoso de *B. maritima*. Esses resultados podem estender o benefício do *Batis maritima* para os empreendimentos de bioprospecção, ao mesmo tempo em que destacam sua atividade biotecnológica.

Materiais e métodos

Material vegetal e preparação de extrato

Folhas de *Batis marítima* (Bataceae) foram coletadas no Rio Grande do Norte, Brasil, (° 19'58 "S 35 ° 02'58" W). Para a obtenção do extrato aquoso de *B. maritima*, as folhas foram secas a 40 °C por 48h em casa de vegetação e trituradas até virar pó. Água destilada e o pó (1:10) foram colocados em banho-maria a 100 °C por 30 minutos. Em seguida, a mistura foi filtrada e o extrato liofilizado por 48 h.

Triagem fitoquímica

A triagem fitoquímica foi realizada por cromatografia em camada delgada (CCD), as espécies químicas revelaram: reagente NEU (flavonóides, derivados cinâmicos, glicosídeos fenilpropanóides); β -sitosterol e timol (triterpenos e esteróides); Hidróxido de potássio-KOH (cumarinas e quinonas); Reagente Dragendorff (alcalóides); (reagente de vanilina / HCl) proantocianidinas; reagente Triphenyltetrazolium 4% (taninos hidrolisáveis) (Wagner e Bladt, 1996).

Quantificação de compostos fenólicos totais e flavonóides totais

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada com o reagente Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) de acordo com Li et al. (2007). O ácido gálico (GA) (Sigma-Aldrich) foi usado como padrão. Os resultados foram expressos em GA (mg) / extrato seco (g) (mg.GAE / g). A quantificação de flavonóides totais foi realizada por Woisky e Salatino (1998) com 2% de $AlCl_3$. Quercetina (Q) (Sigma-Aldrich) foi usada como padrão. O conteúdo total de flavonóides foi expresso como equivalentes de quercetina (mg) / extrato seco (g) (mg.QE / g).

Estimativas de metais

Para a estimativa de Al, As, Br, Ca, Cu, Fe, K, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Se e Zn,

0,5 g de tecido de folhas de *B. maritima* foram triturados e digeridos em 5 mL de ácido nítrico. A digestão das amostras foi realizada em digestor de micro-ondas (onda de velocidade Berghof) a 180 °C por 20 minutos. O teor de metal foi determinado por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), usando o modelo 5110 da Agilent, com resultados de metal expressos em mg / kg.

Atividade de eliminação de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)

A atividade antioxidante foi avaliada pelo método DPPH (Melo-Silveira et al., 2014). As medições foram realizadas em triplicata e as atividades inibitórias foram calculadas com base na porcentagem de DPPH removido. O percentual de inibição (I%) foi calculado usando a equação: $I\% = [(Ac-As) / (Ac)] \times 100$, onde Ac é a absorbância do controle e As é a absorbância das amostras. O IC50 do DPPH foi calculado com base na regressão linear da porcentagem do DPPH restante contra a concentração da amostra.

Capacidade antioxidante total (TAC)

A capacidade antioxidante total foi determinada pelo método do fosfomolibdênio (Costa et al., 2011). O ensaio foi baseado na redução de Mo+6 a Mo+5 pela amostra e posterior formação de um complexo Fosfato / Mo + 5 esverdeado. Tubos contendo as amostras e reagentes (ácido sulfúrico 0,6 M, fosfato de sódio 28 mM e molibdato de amônio 4 mM) foram incubados a 100 °C por 90 min. Posteriormente, as absorbâncias de cada solução foram medidas a 695 nm. O ácido ascórbico foi utilizado como referência e a Capacidade Antioxidante Total foi expressa em equivalente ao ácido ascórbico (mg.AAE / g). Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

Atividade de eliminação de radical hidroxila (OH)

A atividade foi investigada utilizando a reação de Fenton baseada na metodologia de Costa et al. (2011), com algumas modificações. Os radicais hidroxila foram gerados usando tampão de fosfato de sódio 150 mM (pH 7,4) contendo FeSO₄ x 7H₂O 10 mM, EDTA 10 mM, salicilato de sódio 2 mM, H₂O₂ 30%. As amostras foram avaliadas em diferentes concentrações, variando de 20-300 µg / mL). As misturas foram incubadas a 37 °C durante 1 h e depois lidas a 510 nm. IC50 do radical hidroxila foi calculado com base na regressão linear da porcentagem de radical

hidroxila remanescente contra a concentração da amostra.

Atividade Quelante de Metal

A atividade quelante do íon Fe^{2+} foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Melo-Silveira et al. (2014), com modificações. Uma alíquota de 1 mL da amostra foi transferida para tubos de ensaio âmbar de 25 mL. 3,7 mL de água desionizada foram adicionados a esta alíquota: 0,1 mL de FeSO_4 2 mM e 0,2 mL de [3- (2-piridil) -5,6-bis- (ácido 4-fenilsulfônico) -1,2, 4-triazina] ferrozina. A mistura foi agitada e, após 20 min, a leitura foi feita a 562 nm. A redução na absorbância indica atividade quelante de metal. $\% I = [(Ac - As) / (Ac)] \times 100$ (Ac é a absorbância do controle e As é a absorbância das amostras). Todos os ensaios foram realizados em triplicata. IC50 de quelante de metal foi calculado com base na regressão linear da porcentagem de quelante de metal restante contra a concentração da amostra.

Ensaio de inibição da acetilcolinesterase

Foi aplicado o protocolo de Ellman et al. (1961) para o ensaio de inibição da acetilcolinesterase, usando Acetilcolinesterase da Sigma-Aldrich (tipo VI-S). As soluções de reação consistiram em 200 μL de DTNB (0,25 mM), Tris-HCl [0,5 M, pH 7,4], 10 μL de AChE (1 μg / mL) e 10 μL de concentração de extrato variando de 0,0001 a 1 mg / mL . A solução foi incubada durante 60 minutos. A reação foi iniciada pela adição de 20 μL de acetilcolina (62 mM), e a absorbância foi lida a 405 nm do tempo 0 a 180s. A atividade enzimática foi expressa em média $\pm$ desvio padrão, de acordo com o coeficiente de extinção molar da acetilcolina.

Ensaio hemolítico

A atividade hemolítica do extrato foi medida pela determinação da lise de eritrócitos humanos (hRBCs) doados pelo Hospital da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Uma amostra de sangue humano tipo O- foi misturada com PBS a 0,9% na proporção de 1:30 e centrifugada a 2500 rpm por 5 min para obter eritrócitos. Os eritrócitos foram ressuspensos em PBS a 0,9% para obter uma suspensão a 0,5%. A atividade foi avaliada com concentração de extrato entre 125 e 1000 μg / mL. A suspensão de células com extrato foi misturada com solução salina (NaCl 0,9%) e usada como controle negativo enquanto a suspensão de células misturada com Triton X-100 (1%) foi usada como controle positivo. As amostras foram

incubadas por 4, 8 e 12 h a 37 °C e, em seguida, centrifugadas a 2500 rpm por 5 min. A hemólise foi medida por espectrofotometria no comprimento de onda de 540 nm em 96 poços usando 200 µL de amostras. Todos os experimentos foram realizados em triplicata e expressos em porcentagem (Ahmad et al., 2010).

Atividade citotóxica

As linhas celulares utilizadas neste estudo foram células de fibroblastos murinos (NIH-3T3) cultivadas em DMEM (Gibco BRL) contendo 10% de soro fetal bovino (FBS), 1% de penicilina (100 µg / mL) e estreptomicina (100 µg / mL) a 37 °C em uma incubadora umidificada com 5% de CO₂. As células (5 × 10⁴ células / mL, 100 µL / poço) foram semeadas em placas de 96 poços durante a noite e, em seguida, amostras de várias concentrações foram adicionadas, 5 o sobrenadante foi removido. Após incubação por 24h, a viabilidade celular foi testada pelo ensaio MTT.

O efeito do extrato na proliferação celular foi determinado pelo ensaio MTT. As células na fase de crescimento exponencial foram semeadas em placas de cultura de 96 poços (5 × 10⁵ células / mL, 100µL / poço) e incubadas durante a noite. Após a fixação das células nas placas, amostras dissolvidas em meio fresco de diferentes concentrações do óleo essencial foram adicionadas e incubadas por 24h. Em seguida, o sobrenadante foi removido e as células lavadas com PBS três vezes. 200 µL de meio fresco contendo 0,5 mg / mL de MTT foram adicionados a cada poço, seguido por incubação por 4 h a 37 ° C. Após esse período, o sobrenadante foi descartado e 150 µL de DMSO foram adicionados para dissolver os cristais de formazan. A absorbância foi medida em leitor de microplaca no comprimento de onda 560 nm (MELO-SILVEIRA, R.F. et al., 2014). Os resultados foram apresentados como uma redução percentual do MTT, considerando a absorbância do controle negativo como uma redução de 100%.

Análise estatística

Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Os valores foram considerados significativamente diferentes em $p < 0,05$. Os dados foram analisados no GraphPad Prism® versão 5.0 e expressos em média ± DP. As diferenças estatisticamente significativas foram calculadas pela aplicação da análise de variância unilateral (ANOVA) seguida pelo teste post-hoc de Turquia.

Resultados e Discussão

Triagem fitoquímica

A triagem fitoquímica por CCD revelou a presença de compostos fenólicos, derivados de antracenos, saponinas e açúcares redutores (tabela I). Esses elementos têm sido amplamente necessários para a indústria de alimentos, cosméticos e farmacêutica (Olszowy, 2019). Por exemplo, os compostos fenólicos têm atividade antiinflamatória, antioxidante e antitumoral amplamente aceita, que modula a função corporal e a proteção cerebral (Abifarín et al., 2019; Lim et al., 2019; Russo et al., 2019; Sudhakaran et al., 2019). Os antracenos e derivados subjacentes à atividade anticâncer potente (Zagotto et al., 2000; De et al., 2013), atividade antimicrobiana (Kim et al., 2009;) e funcionam como dispositivos quimiossensores (Damme e Prez, 2018). As saponinas não apenas complementam uma variedade de alimentos nutracêuticos e funcionais, mas também envolvem atividade antiinflamatória, antimicrobiana, imunoestimulante, hipocolesterolêmica, anticarcinogênica e antioxidante (Podolak et al., 2010; Kimura et al., 2006; Raju e Mehta 2009). Os açúcares redutores são carboidratos lucrativos para a indústria de alimentos de doces e bebidas (Ventura et al., 2013; Clemens et al., 2016).

Tabela 1. Constituintes fitoquímicos do extrato aquoso de *Batis maritima*.

Constituintes fitoquímicos	<i>B. maritima</i>
Composto fenólico	+
Taninos condensados	-
Taninos hidrolisáveis	-
Derivados de antraceno	+
Terpenóide e Esteróide	-
Coumarinas	-
Saponina	+
Quinonas	-
Alcalóides	-
Açúcares reduzidos	+

(+): Presença de compostos químicos. (-): Ausência de composto químico.

Os resultados para o conteúdo fenólico total e flavonóides em *Batis maritima* estão resumidos na Tabela II.

Tabela 2. Teor de fenóis e flavonóides em extratos aquosos de *Batis maritima*.

	Fenóis (mg GAE / g extrato)	Flavonóides (mg QE / g extrato)
<i>B. maritima</i>	29,90 ± 0,05	0,99 ± 0,19

GAE: Equivalentes de ácido gálico; QE: Equivalente quercetina. Valores descritos em média ± desvio padrão (n = 3).

Os extratos aquosos de *B. maritima* apresentaram conteúdo significativo de compostos fenólicos (29,90 ± 0,05 mg GAE / g extrato) e flavonóides (0,99 ± 0,19 mg QE / g extrato). Vale ressaltar que a expressão atingiu níveis mais elevados do que outras espécies halófitas descritas na literatura (halófito facultativo *Crithmum maritimum* -Apiaceae- 10 a 33 mg.GAE / g extrato, Meot-Duros e Magné, 2009, e 9 a 14 mg.GAE / g extrato Houta et al., 2011).

Fenólicos e flavonóides revelam atividade antioxidante potencial, que delinea uma variedade de utilidades da indústria farmacêutica e finalidades médicas.

Juntos, *B. maritima* pode iluminar o futuro das ferramentas profiláticas para a saúde corporal e mental.

Conteúdo de metais

Para explorar ainda mais as propriedades de bioprospecção do extrato de *B. maritima*, o teor de metal foi quantificado por ICP-OES e disposto na tabela III. Os resultados revelaram a presença de Sódio (Na) (1002,70 mg / kg) e Alumínio (Al) (353,70 mg / kg). A concentração de metais nas plantas varia de acordo com diversos fatores: metais disponíveis no ambiente, capacidade de absorção das raízes, captação de água, competição entre íons metálicos, propriedades físico-químicas do solo, entre outros. A expressiva concentração de metais pesados em halófitos revela sua tolerância a solos de alta salinidade (Millic et al., 2012; Vahedi, 2013).

Os metais não apenas potencializam o transporte de oxigênio, a produção de energia, a ativação enzimática, mas também a produção de espécies reativas de oxigênio e a morte celular (Affone e Ifediba, 2020; Zoroddu et al., 2019; Leung et al.,

2010). Em baixa concentração, a maioria desses metais mantém a homeostase e a função do organismo (Marini et al., 2021). É importante notar que os níveis de metais quantificados no extrato de *B. maritima* estão de acordo com o Comitê Conjunto de Especialistas em Aditivos Alimentares da FAO / OMS (JECFA, 2009).

Tabela 3. Estimativa do teor de metal nas folhas de *Batis maritima*.

Elemento	Concentração (mg/kg)
Al	353,70
As	0,03
Ba	0.26
Ca	8,05
Cu	0,14
Fe	6,41
K	87,81
Mn	0,51
Mo	0,06
Na	1002,70
Ni	0,24
P	21,28
Pb	0,35
Se	0,16
Zn	0,33

Atividade antioxidante e atividade quelante de metal

Os compostos antioxidantes geram a preservação do equilíbrio corporal por meio da capacidade de sequestrar os radicais livres (Quideau et al., 2011). Enquanto os radicais livres estimulam a desregulação do corpo e doenças metabólicas, os antioxidantes dietéticos naturais podem promover a proteção do corpo humano.

A propriedade antioxidante de *B. matima* foi avaliada por abordagem de eliminação de DPPH, atividade de eliminação de radical hidroxila e atividade quelante de metal. As avaliações de IC5 são divulgadas na Tabela IV.

Tabela 4. Atividades antioxidantes e quelantes de metais do extrato aquoso de *Batis maritima*.

Método	IC ₅₀
DPPH	
(µg/mL)	5,17 ± 0,05
Capacidade antioxidante	
total (mg.AAE/g)	0,45 ± 0,08
Atividade Quelante de	
Metal	25,760 ± 0,3
Eliminação de radical	
hidroxila	3,781 ± 0,21

Valores descritos em média ± desvio padrão (n = 3).

Os resultados encontrados indicam que o extrato de *B. maritima* teve uma expressiva atividade antioxidante dependente da concentração em todos os ensaios propostos (em comparação com a atividade antioxidante de halófitos da literatura: *Sesuvium portulacastrum* IC₅₀ de 871,67 ± 18,42 µg / mL, Chintalapani et al., 2018 ; Valor de IC₅₀ de *Beta vulgaris* de 254,76 ± 2,07, extrato etanólico e 315,43 ± 3,54 µg / mL, Edziri et al., 2019; *Trigonella foenum graecum* IC₅₀ de 172,6 ± 3,1 µg / mL, Akbari et al., 2018). Sob esse ponto de vista, esses resultados apoiam que *B. maritima* pode potencializar a vigilância em saúde para fins médicos / industriais.

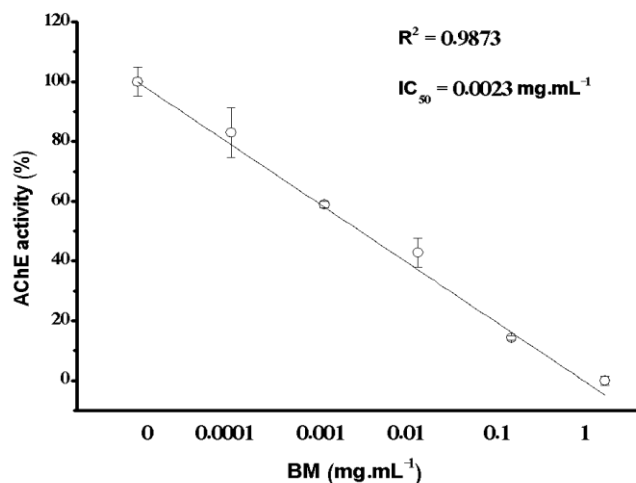
Juntamente com os dados citados, os metabólitos de *B. maritima* também revelaram capacidade quelante de metais, provavelmente devido à presença de flavonóides como metabólitos secundários.

Atividade da acetilcolinesterase (AChE)

Além disso, o extrato aquoso de *B. maritima* apresentou atividade inibitória contra a AChE de maneira dose-dependente (IC₅₀ de 0,0023 mg / mL) (Gráfico 1). Os inibidores da AChE têm emergido como uma escolha prevalente para distúrbios neurológicos, especialmente o tratamento da doença de Alzheimer (Dvir et al., 2010; Singh et al., 2013; Li et al., 2015; Ahmed et al., 2018). Concordantemente, a literatura demonstra a função inibitória da AChE sustentada por compostos fenólicos e terpenos (Roseiro et al., 2012; Murray et al., 2013; Monteiro et al., 2018; Khan et al., 2018;

Santos et al., 2018) O mecanismo molecular de inibição da AChE e seu desfecho estão além do escopo deste manuscrito, portanto, mais estudos estão por vir para decifrar a análise terapêutica desse efeito.

Gráfico 1. Atividade de inibição da AChE do extrato aquoso de *B. marítima* em diferentes concentrações.



Ensaio hemolítico

O ensaio hemolítico mostrou que *B. marítima* não promoveu hemólise das membranas celulares dos eritrócitos em todas as concentrações testadas (Tabela 5).

Tabela 5. Índice hemolítico (%) do extrato aquoso de *Batis marítima*.

Concentração (µg/mL)	<i>B. marítima</i>	
	HI (%)	Remarks
125	1,41 ± 0,02	NH
250	1,41 ± 0,04	NH
500	1,45 ± 0,01	NH
1000	1,36 ± 0,07	NH
Controle Negativo	1,34 ± 0,19	NH
Controle Positivo	100 ± 0,01	H

Valores descritos em média ± desvio padrão (n = 3). HI: Índice hemolítico; NH: Sem hemólise; MH: Hemólise moderada; H: Hemólise.

Atividade citotóxica

O efeito da atividade citotóxica do extrato aquoso de *B. maritima* na proliferação de fibroblastos murinos (NIH-3T3) foi analisado por ensaio de tetrazólio em microcultura (MTT) (Tabela 6). O extrato aquoso de *B. maritima* revelou ausência de atividade citotóxica. De acordo com os dados, outras espécies de halófitas usadas no consumo alimentar têm preocupações crescentes sobre o potencial citotóxico. *Juncus acutus* e *Nitraria retusa* revelaram atividade citotóxica contra linhagens de células tumorais, por exemplo (Zar et al., 2013; Rodrigues et al., 2014).

Tabela 6. Efeito de extratos de *B. maritima* sob proliferação de células de fibroblastos murinos NIH-3T3.

Concentração (µg/mL)	Viabilidade celular (%)
2000	65,22 ± 3,6
1000	70,91 ± 5,5
500	77,09 ± 1,3
250	78,35 ± 5,4
125	79,22 ± 3,3
62,5	85,04 ± 1,8
31,25	85,35 ± 3,1
15,62	87,35 ± 3,3
7,81	96,17 ± 2,3
3,90	100 ± 2,7
1,95	100 ± 3,0

Valores descritos em média ± desvio padrão (n = 3).

Conclusão

No presente estudo, o extrato aquoso das folhas de *B. maritima* revelou uma variedade de abordagens biotecnológicas desde a atividade antioxidante e quelante de metais até a inibição da enzima AChE. *B. maritima* expôs abordagens metabólicas secundárias e fitoquímicas diversificadas que podem estar subjacentes ao mecanismo por trás do perfil biotecnológico. Atualmente, as exigências de produtos naturais para

a indústria farmacológica / agroindustrial têm aumentado. No entanto, apesar das conquistas na área, mais estudos são necessários para explorar os propósitos biotecnológicos, bioprospectivos e médicos de *B. maritima*.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a colaboração das agências brasileiras Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro.

Referências

- Afonne OJ, Ifediba EC.. Heavy metals risks in plant foods – need to step up precautionary measures. **Current opinion in toxicology**. 2020; 22: p. 1-6.
- Ahmed MQ, Alenazi FSH, Fazaludeen MF, Shahid SMA, Kausar MA.. Pathology and Management of Alzheimer's disease: a review. **International journal of pharmaceutical research & allied sciences**. 2018; 7: 30-42.
- Akbari S, Abdurahman NH, Yunus RM, Alara OR, Abayomi OO.. Extraction, characterization and antioxidant activity of fenugreek (*Trigonella-Foenum Graecum*) seed oil. **Materials Science for Energy Technologies**. 2018; 2: 349-355
- Boulaaba M, Medini F, Hajlaoui H, Mkadmini K, Falleh H, Ksouri R, *et al*. Biological activities and phytochemical analysis of phenolic extracts from *Salsola kali* L. role of endogenous factors in the selection of the best plant extracts. **South African Journal of Botany**. 2019; 123: 193-199.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**. 1995; 28: 25–30.
- Buhmann A, Papenbrock J. An economic point of view of secondary compounds in halophytes. **Functional Plant Biology**. 2013; 40: 952–967.
- Chintalapani SMSS, Narasu ML. Phytochemical screening and in vitro antioxidant activity of whole plant extracts of *sesuvium portulacastrum* L. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**. 2018; 11: 322-327.
- Clemens RA, Jones JM, Kern M, Lee S, Mayhew EJ, Slavin JL, Zivanovic S.. Functionality of sugars in foods and health. **Comprehensive reviews in food science and food safety**. 2016; 15: 433-470.

- Costa LS, Fidelis GP, Telles CBS, Dantas-Santos N, Camara RBG, Cordeiro SL, *et al.*. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Heterofucans from the Seaweed *Sargassum filipendula*. **Mar. Drugs**. 2011; 9: 952-966.
- Damme JV, Prez FD. Anthracene-containing polymers toward high-end applications. **Progress in polymer science**. 2018; 82: 92-119.
- De U, Chun P, Choi WS, Lee BM, Kim ND, Moon HR, *et al.* A novel anthracene derivative, MHY412, induces apoptosis in doxorubicin-resistant MCF-7/Adr human breast cancer cells through cell cycle arrest and downregulation of P-glycoprotein expression. **International Journal of Oncology**. 2013; 44: 167–176.
- Dvir H, Silman I, Harel M, Rosenberry TL, Sussman JL. Acetylcholinesterase: from 3D structures to function. **Chemico-Biological Interactions**. 2010; 187: 10-22.
- Edziri H, Jaziri R, Haddad O, Anthonissen R, Aouni M, Mastouri M, *et al.* Phytochemical analysis, antioxidant, anticoagulant and in vitro toxicity and genotoxicity testing of methanolic and juice extracts of *Beta vulgaris* L. **South African Journal of Botany**. 2019; 126: 170-175.
- Falleh H, Trabelsi N, Bonenfant-Magné M, Le Floch G, Abdelly C, Magné C. *et al.* Polyphenol content and biological activities of *Mesembryanthemum edule* organs after fractionation. **Industrial Crops and Products**. 2013; 42: 145–152
- Ghranh HA, Khan KA, Ibrahim EH. Biological Activities of *Euphorbia peplus* Leaves Ethanolic Extract and the Extract Fabricated Gold Nanoparticles (AuNPs). **Molecules**. 2019; 24: 1431.
- Hameed A, Khan MA. Halophytes: Biology and economic potentials. **Karachi university journal of science**. 2011; 39: 40-44.
- Hasanuzzaman M, Nahar K, Alam MM, Bhowmik PC, Hossain MA, Rahman MM. *et al.* Potential use of halophyte to remediate saline soils. **Biomed Research international**. 2014; 1-12.
- Houta O, Akrou A, Neffati M, Amri H. Phenolic contents, antioxidant and antimicrobial potentials of *Crithmum maritimum* cultivated in Tunisia arid zones. **J. Biolog. Act. Prod. Nat.** 2011; 1: 138–143.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2009. Evaluation of certain food additives. **World Health Organ Tech Rep Ser.**(952):1-208, 1 p following 208. PMID: 20112497.
- Khan H, Amin S, Kamal MA, Patel S. Flavonoids as acetylcholinesterase inhibitors: current therapeutic standing and future prospects. **Biomedicine & pharmacotherapy**.

2018; 101: 860-870.

Kim M, Jeong E, Lee H. Antimicrobial effects of anthracene and its derivatives against intestinal bacteria. **Bioactive materials**. 2009; 52: 327-330.

Kong CS, Kim YA, Kim MM, Park JS, Kim JA, Kim SK, *et al.* Flavonoid glycosides isolated from *Salicornia herbacea* inhibit matrix metalloproteinase in HT1080 cells. **Toxicology in Vitro**. 2008; 22: 1742–1748.

Leung SW, Siddhanti S, Williams B, Chan AWK, Minski MJ, Daniels CK, *et al.* Effects of diet intake on metal and electrolyte distributions in vital organs. **Procedia environmental sciences**. 2010; 2: 92-97.

Li Y, Zhang X, Jiang L, Yuan L, Cao T, Li X, *et al.* Inhibition of acetylcholinesterase (AChE): a potential therapeutic target to treat alzheimer's disease. **Chemical biology & drug design**. 2015; 86: 776-782.

Lonard IR, Judd WF, Stalter R. The biological flora of coastal dunes and wetlands: *Distichlis spicata* (C. Linnaeus) E. Greene. **Journal of Coastal Research**. 2013; 29: 105-117.

Marcone MF. *Batis maritima* (Saltwort/Beachwort): a nutritious, halophytic, seed bearings, perennial shrub for cultivation and recovery of otherwise unproductive agricultural land affected by salinity. **Food Research International**. 2003; 36: 123-130.

Marini M, Angouria-Tsorochidou E, Caro D, Thomsen M. Daily intake of heavy metals and minerals in food – a case of study of four danish dietary profiles. **Journal of cleaner production**. 2021; 280: 124279.

Melo-Silveira R, Fidelis G, Viana R, Soeiro VC, Silva RA, Machado D, *et al.* Antioxidant and antiproliferative activities of methanolic extract from a neglected agricultural product: corn cobs. **Molecules**. 2014; 19: 5360–5378.

Meot-Duros L, Magné C. Antioxidant activity and phenol content of *Crithmum maritimum* L. leaves. **Plant Physiol. Biochem**. 2009; 47: 37–41.

Mladenka P, Macakova K, Filipisky T, Zatloukalova L, Jahodar L, Bovicelli P. *et al.* In vitro analysis of iron chelating activity of flavonoids. **Journal of Inorganic Biochemistry**. 2011; 105: 693–701.

Monteiro AFM, Viana JO, Nayariesseri A, Zondegoumba EN, Mendonça-Junior FCB, Scotti MT, *et al.* Computational studies applied to flavonoids against Alzheimer's and Parkinson's diseases. **Oxidative medicine and cellular longevity**. 2018: 21.

Munns R, Gilliam M. Salinity tolerance of crops-what is the cost?. **New Phytol**. 2015;

208: 668-673

Murray AP, Faraoni MB, Castro MJ, Alza NP, Cavallaro V. Natural AChE inhibitors from plants and their contribution to Alzheimer's disease therapy. **Current neuropharmacology**. 2013; 11: 388-413.

Olszowy M. What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants?. **Plant physiology and biochemistry**. 2019;144: 135-143.

Podolak I, Galanty A, Sobolewska D. Saponins as cytotoxic agents: a review. **Phytochemistry reviews**. 2010; 9: 425-474.

Quideau S, Deffieux D, Douat-Casassus C, Pouysegu L. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. **Angew. Chem. Int.** 2011; 50: 586e621.

Rodrigues MJ, Gangadhar KN, Vizetto-Duarte C, Wubshet SG, Nyberg NT, Barreira L, *et al.* Maritime Halophyte Species from Southern Portugal as Sources of Bioactive Molecules. **Marine Drugs**. 2014; 12: 2228-2244.

Roseiro LB, Rauter AP, Serralheiro MLM. Polyphenols as acetylcholinesterase inhibitors: structural specificity and impact on human diseases. **Nutrition and Aging**. 2012; 1: 9-111.

Russo B, Picconi F, Malandrucchio I, Frontoni S. Flavonoids and insulin-resistance: from molecular evidences to clinical trials. **International Journal of Molecular Sciences**. 2019; 20: 2061-2078.

Santos TC, Gomes TM, Pinto BAS, Camara AL, Paes AMA. Naturally occurring acetylcholinesterase inhibitors and their potential use of alzheimer's disease therapy. **Frontiers in pharmacology**. 2018; 9: 14.

Schardong RMF, Moro MF, Bonilla OH. Aquaponic system with white shrimp *Litopenaeus vannamei* rearing and production of the plant *Batis maritima*, *Sarconia neei* and *Sporobolus virginicus*. **Brazilian archives of biology and technology**. 2020; 63: 1-12.

Singh M, Kaur M, Kukreja H, Chugh R, Silakari O, Singh D. Acetylcholinesterase inhibitors as Alzheimer therapy: From nerve toxins to neuroprotection. **European Journal of Medicinal Chemistry**. 2013; 70: 165-188.

Sudhakaran M, Sardesai S, Doseff AI.. Flavonoids: new frontier for immuno-regulation and breast cancer control. **Antioxidants**. 2019; 8: 103-129.

Vahedi A. The absorption and metabolism of heavy metals and mineral matters in the halophyte plant *Artemisia aucheri*. **International journal of biology**. 2013; 5: 63-70.

Ventura J, Alarcon-Aguilar F, Roman-Ramos R, Campos-Sepulveda E, Reys-Vegas

ML, Boone-Villa VD, Jasso-Villagomez EI, *et al.* Quality and antioxidant properties of a reduced-sugar pomegranate juice jelly with an aqueous extract of pomegranate peels. **Food Chemistry**. 2013; 136: 109-115.

Ventura Y, Wuddineh WA, Myrzabayeva M, Alikulov Z, Khozin-Goldberg I, Shpigel M, Sagi M. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. **Scientia Horticulturae**. 2011; 128: 189-196.

Wagner H, Bladt S. **Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas**. 2 ed, Munique: Springer, 1996.

Zagotto G, Supino R, Favini E, Moro S, Palumbo M. New 1,4-anthracene-9,10-dione derivatives as potential anticancer agents. **Il Farmaco**, 2000; 55: 1–5.

Zar KF, Han J, Ksouri R, El OA, Abdelly C, Isoda H. Antiobesity Effects of an Edible Halophyte *Nitraria retusa* Forssk in 3T3-L1 Preadipocyte Differentiation and in C57B6J/L Mice Fed a High Fat Diet-Induced Obesity. **Evid Based Complement Alternat Med**. 2013: 368658.

Zoroddu MA, Aaseth J, Crisponi G, Medici S, Peana M, Nurchi VM. The essential metals for humans: a brief overview. **Journal of inorganic biochemistry**. 2019; 195: 120-129.

4

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PRODUTIVO AQUICULTURA
MULTITRÓFICA MARINHA COM RECICLAGEM DE NUTRIENTES

TITULAR: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE).

INVENTORES: ¹Bruno Ricardo Scopel; ¹Ranilson de Souza Bezerra.

RESUMO

O Sistema Produtivo de Aquicultura Multitrófica Marinha com Reciclagem de Nutrientes (SPAMM) é um bioprocesso de produção de camarões marinhos da espécie *Litopenaeus vannamei* consorciados com peixes, a tilápia *Oreochromis niloticus* e a tainha *Mugil liza*, e plantas halófitas da espécie *Sarcocornia ambigua*, *Batis marítima* e *Sesuvium portulacastrum*, cultivados no mesmo biossistema, utilizando a mesma água de produção através do tratamento, recirculação e reaproveitamento total da água e dos efluentes.

Tecnologias e processos têm sido desenvolvidos a fim de solucionar os problemas das produções aquícolas, principalmente relacionados às doenças e os problemas ambientais devido à alta produção de matéria orgânica e efluentes gerados nos processos de produção intensiva na aquicultura. Esta matéria orgânica excessiva, por muitas vezes não é reutilizada e é descartada sem tratamento algum, podendo prejudicar o meio ambiente adjacente e também o próprio sistema de produção.

O Sistema Produtivo de Aquicultura Multitrófica Marinha com Reciclagem de Nutrientes tem como objetivo trazer soluções aos problemas ainda não resolvidos nos sistemas produtivos intensivos de camarões e peixes como o reaproveitamento total da água para manter os níveis de matéria orgânica controlados, assim como manter os compostos nitrogenados e fosfatados em níveis que não causem toxicidade aos organismos cultivados sem depender de trocas ou renovações de água.

Estas soluções são possíveis através da dinâmica correta da recirculação da água e da disposição correta das espécies utilizadas no sistema de produção, assim como suas densidades de cultivo.

5 CONCLUSÕES

Foi possível avaliar o potencial da planta halófita *Batis maritima* como integrante do sistema de cultivo proposto. O extrato aquoso das folhas de *B. maritima* revelou uma variedade de abordagens biotecnológicas, desde a atividade antioxidante e quelante de metais até a inibição da enzima AChE. *B. maritima* expôs abordagens metabólicas secundárias e fitoquímicas diversificadas que podem estar subjacentes ao mecanismo do perfil biotecnológico. No entanto, apesar das conquistas na área, mais estudos são necessários para explorar os propósitos biotecnológicos, bioprospectivos e médicos de *B. maritima*. Também foi possível desenvolver e avaliar um novo sistema de produção denominado Sistema Aquicultura Multitrófica Integrada Marinha com reciclagem de Nutrientes. A tecnologia Sistema Aquicultura Multitrófica Integrada Marinha com Reciclagem de Nutrientes (SPAMM) apresenta as características ideais para a dissolução dos problemas atuais, trazendo, além disso, a possibilidade de diversificação de produtos cultivados em ambientes marinhos. Com o enorme potencial de gerar oportunidades de negócios nos próximos anos, a tecnologia SPAMM está em processo de patenteamento. Os lay-out do sistema, as experiências práticas e os resultados preliminares dão consistência para elaboração de planos de negócios e à disseminação desta tecnologia para futuros interessados em investimentos no setor de aquicultura.

REFERÊNCIAS

ABCC, Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. Censo da carcinicultura do litoral sul do estado do Ceará e zonas interioranas adjacentes 2015/2016: Convênio ABCC/MAPA - N° 835851/2016. Natal: ABCC, 54 p., 2017.

AFONNE O.J., IFEDIBA E.C. Heavy metals risks in plant foods – need to step up precautionary measures. **Current opinion in toxicology**, 22: p. 1-6, 2020.

AHMED M.Q., ALENAZI F.S.H., FAZALUDEEN M.F., SHAHID S.M.A., KAUSAR M.A. Pathology and Management of Alzheimer's disease: a review. **International journal of pharmaceutical research & allied sciences**. 7: 30-42, 2018.

AKBARI S., ABDURAHMAN N.H., YUNUS R.M., ALARA O.R., ABAYOMI O.O. Extraction, characterization and antioxidant activity of fenugreek (*Trigonella-Foenum Graecum*) seed oil. **Materials Science for Energy Technologies**. 2: 349-355, 2018.

ARANTES, R. F. **Caracterização quali-quantitativa dos efluentes gerados no cultivo intensivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos** / Rafael Arantes da Fonseca; orientador Luis Alejandro Vinatea Arana; co-orientadora Katt Regina Lapa – Florianópolis, SC, 101p, 2014.

AVNIMELECH, Y. Carbon/ nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176, p. 227-235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Tilapia harvest microbial flocs in active suspension research pond. *Global Aquaculture Advocate*, p.57-58, 2005.

AVNIMELECH, Y.; DE-SCRYVER P.; EMERENCIANO, M.; KUHN D.; RAY, A.; TAW, N. **Biofloc Technology - A Practical Guidebook**. 2. ed. New York: World Aquaculture Society, 258 p, 2012.

AVNIMELECH, Y.; DE-SCRYVER P.; EMERENCIANO, M.; KUHN D.; RAY, A.; TAW, N. **Biofloc Technology - A Practical Guidebook**. 3. ed. New York: World Aquaculture

Society, 258 p, 2014.

BERTIN, R.L.; GONZAGA, L.V.; BORGES, G.S.C.; AZEVEDO, M.S.; MALTEZ, H.F.; HELLER, M.; MICKE, G.A.; TAVARES, L.B.B.; FETT, R. 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.

BOULAABA M., MEDINI F., HAJLAOUI H., MKADMINI K., FALLEH H., KSOURI R., et al. Biological activities and phytochemical analysis of phenolic extracts from *Salsola kali* L. role of endogenous factors in the selection of the best plant extracts. **South African Journal of Botany**, 123: 193-199, 2019.

BOXMAN, S.; NYSTROM, M.; ERGAS, S.; MAIN, K.; TROTZ, M. Evaluation of water treatment capacity, nutrient cycling, and biomass production in a marine aquaponic system. **Ecological Engineering**, v. 120, p. 299-310, 2018.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Delhi: Springer, 685 p, 1998.

BOYD, C.E., CLAY, J. Evaluation of Belize Aquaculture Ltd. superintensive shrimp aquaculture system. Shrimp Farming and the Environment. Report prepared under the **World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment**, 17 pp., 2002.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, 28: 25–30, 1995.

BROWDY, C.L.; RAY, A.J.; LEIFFERT, J.L.; AVNIMELECH Y. Biofloc-based Aquaculture Systems. In: TIDWELL, J.H. **Aquaculture Production Systems**. Hardcover: World Aquaculture Society, Cap. 12. p. 278-307, 2012.

BUHMANN A., PAPENBROCK J. An economic point of view of secondary compounds in halophytes. **Functional Plant Biology**, 40: 952–967, 2013.

BUHMANN, A.; PAPENBLOCK, J. Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basics principles, current uses and future perspectives. *Environmental and Experimental Botany*, v. 92, p. 122-133, 2013.

CHINTALAPANI S.M.S.S., NARASU M.L. Phytochemical screening and in vitro antioxidant activity of whole plant extracts of *sesuvium portulacastrum* L. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, 11: 322-327, 2018.

CLEMENS R.A.; JONES J.M.; KERN M.; LEE S.; MAYHEW E.J.; SLAVIN J.L.; ZIVANOVIC S. Functionality of sugars in foods and health. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, 15: 433-470, 2016.

COSTA L.S.; FIDELIS G.P.; TELLES C.B.S.; DANTAS-SANTOS N.; CAMARA R.B.G.; CORDEIRO S.L.; *et al.* Antioxidant and Antiproliferative Activities of Heterofucans from the Seaweed *Sargassum filipendula*. **Mar. Drugs**, 9: 952-966, 2011.

DAMME J.V.; PREZ, F.D. Anthracene-containing polymers toward high-end applications. **Progress in polymer science**, 82: 92-119, 2018.

DASSANAYAKE, M. and LARKIN, J.C. Making plants break a sweat: the structure, function, and evolution of plant salt glands. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.

DEBEZ, A.; SAADAoui, D.; SLAMA, I.; HUCHZERMEYER, B.; ABDELly, C. Responses of *Batis maritima* plants challenged with up to two-fold seawater NaCl salinity. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 173, p. 291-299, 2010.

DE SCHRYVER, P., CRAB, R., DEFOIRDT, T., BOON, N., VERSTRAETE, W. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, 277, p. 125-137, 2008.

DE SCHRYVER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 1162–1167, 2009.

DE U.; CHUN P.; CHOI W.S.; LEE B.M.; KIM N.D.; MOON H.R.; et al. A novel anthracene derivative, MHY412, induces apoptosis in doxorubicin-resistant MCF-7/Adr human breast cancer cells through cell cycle arrest and downregulation of P-glycoprotein expression. **International Journal of Oncology**, 44: 167–176, 2013.

DYIR H.; SILMAN I.; HAREL M.; ROSENBERRY T.L.; SUSSMAN J.L. Acetylcholinesterase: from 3D structures to function. **Chemico-Biological Interactions**, 187: 10-22, 2010.

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**, 257:346-358, 2006.

EDZIRI H.; JAZIRI R.; HADDAD O.; ANTHONISSEN R.; AOUNI M.; MASTOURI M.; et al. Phytochemical analysis, antioxidant, anticoagulant and in vitro toxicity and genotoxicity testing of methanolic and juice extracts of Beta vulgaris L. **South African Journal of Botany**, 126: 170-175, 2019.

FALLEH H.; TRABELSI N.; BONENFANT-MANGNÉ M.; LE FLOCH G.; ABDELLEY C.; MAGNÉ C.; et al. Polyphenol content and biological activities of Mesembryanthemum edule organs after fractionation. **Industrial Crops and Products**, 42: 145–152, 2013.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Pag. 243, 2016.

FAO. Integrated mariculture: A global review. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2009.

FAO. 2018. ***The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals***. Rome. Pág. 227, 2018.

FITZSIMMONS, K.M.; CRUZ, P.S.; ANDALECIO, M.N., BOLIVAR, R.B. Tilapia-Shrimp polyculture in Negro Island, Philippines: A review. **Journal Of The Aquaculture Society**, Sorrento, v. 39, n. 6, p.713-725, dez. 2008.

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

FLOWERS, T.J.; GALAL, H.K.; BROMHAM, L. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. **Functional Plant Biology** 37, 604–612, 2010.

GHRAMH H.A.; KHAN K.A.; IBRAHIM E.H. Biological Activities of Euphorbia peplus Leaves Ethanolic Extract and the Extract Fabricated Gold Nanoparticles (AuNPs). **Molecules**, 24: 1431, 2019.

GRIGORE, M. Defining Halophytes: a Conceptual and Historical Approach in an Ecological Frame. Alexandru Ioan Cuza University, Iași, Romania. In: Title: Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses. Editors: Mirza Hasanuzzaman, Sergey Shabala, Masayuki Fujita. Boston, MA : CABI, 2018.

GUIMARÃES, L.L.; MONTEIRO, C.C.; MOURA, S.G.B.; LIMA, V.C.S.; BONILLA, O.H.; GOMES-FILHO, E. Tolerância de *Batis maritima* L. Submetida a Tratamentos Salinos. **4526- 4531. 10.12702/ii.inovagri.2014-a609**. 2014.

HAMEED, A.; KHAN M.A. Halophytes: Biology and economic potentials. **Karachi university journal of science**, 39: 40-44, 2011.

HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, Baton Rouge, v. 34, n. 1, p.344-363, dez. 2006.

HARGREAVES, J.A. Biofloc production systems for aquaculture. **Southern Regional Aquaculture Center**. SRAC. Publication N° 4503, 58, 2013.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M.M.; BHOWMIK, P.C.; HOSSAIN, M.A.; RAHMAN M.M; et al. Potential use of halophyte to remediate saline soils. **Biomed Research international**, 1-12, 2014.

HASANUZZAMAN, M.; SHABALA, S.; FUJITA, M. Halophytes and climate change:

adaptive mechanisms and potential uses. Editors: Mirza Hasanuzzaman, Sergey Shabala, Masayuki Fujita. 386 p. Boston, MA: CABI, 2018.

HOPKINS, J.S.; P.A. SANDIFER, M.R.; DEVOE, A.F.; HOLLAND, C.L.; BROWDY, A.D. Stokes. Environmental impacts of shrimp farming with special reference to the situation in the continental United States. **Estuaries**, v.18, pp. 25–42, 1995.

HOUTA, O.; AKROUT, A.; NEFFATI, M.; AMRI H. Phenolic contents, antioxidant and antimicrobial potentials of *Crithmum maritimum* cultivated in Tunisia arid zones. **J. Biolog. Act. Prod. Nat**, 1: 138–143, 2011.

IZEPPI, E.M. **Efeitos da densidade de plantio na sobrevivência, desenvolvimento e produção de biomassa da halófitas *Sarcocornia ambigua* (Michx.) Alonso & Crespo.** 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Porto Alegre - RS, 2011

JANG, H.S.; KIM, K.R.; CHOI, S.W.; WOO, M.H.; CHOI, J.H. Antioxidant and antithrombus activities of enzyme-treated *Salicornia herbacea* extracts. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 51, n. 2, p. 119-125, 2007.

JEONG, C.Y.; RYU, J.S.; CHOI, C.K.; JEON, B.S.; PARK, J.W.; SHIN, G.G.; et al. Supplemented effect of *Salicornia herbacea* extract powder on preparation and quality characteristics of fermented milk product. **Journal of Life Sciences**, n. 14, p. 788–793, 2004.

JOINT FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Evaluation of certain food additives. **World Health Organ Tech Rep Ser**.(952):1-208, 1 p following 208. PMID: 20112497, 2009.

KHAN, H.; AMIM, S.; KAMAL, M.A.; PATEL, S. Flavonoids as acetylcholinesterase inhibitors: current therapeutic standing and future prospects. **Biomedicine & pharmacotherapy**, 101: 860-870, 2018.

KIM, M.; JEONG, E.; LEE, H. Antimicrobial effects of anthracene and its derivatives against intestinal bacteria. **Bioactive materials**, 52: 327-330, 2009.

KONG, C.S.; KIM, Y.A.; KIM, M.M.; PARK, J.S.; KIM, J.A.; KIM S.K.; et al. Flavonoid glycosides isolated from *Salicornia herbacea* inhibit matrix metalloproteinase in HT1080 cells. **Toxicology in Vitro**, 22: 1742–1748, 2008.

KRUMMENAUER, D.; SAMOCHA, T.; POERSCH, L.; LARA, G.; VWASIELESKY, Jr. Wilson. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT System. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n.V1, p. 3-14, 2014.

LEE, J.T., JEONG, Y.S., AN, B.J. Physiological activity of *Salicornia herbacea* and its application for cosmetic materials. **Korean Journal Herbal**, n. 17, p. 51 – 60, 2002.

LEE, Y.S.; LEE, H.S.; SHIN, K.H.; KIM, B.K.; LEE, S. Constituents of the Halophyte *Salicornia herbacea*. **Archives of Pharmacal Research**, v.27, n. 10, p. 1034-1036, 2004.

LEE, Y.S.; LEE, S.; LEE, H.S.; KIM, B-K; OHUCHI, K.; SHIN, K.H. Inhibitory effects of isorhamnetin-3-O- β -D-glucoside from *Salicornia herbacea* on rat lens aldose reductase and sorbitol accumulation in streptozotocin-induced diabetic rat tissues. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, v. 28, n. 5, p. 916-918, 2005.

LEE, W.M.; SUNG, H.J.; JONG, C.; CHO, J.Y.; PARK, H.J.; KIM, S.; RHEE, M.H. Effects of solvent-extracted fractions from *Salicornia herbacea* on anti-oxidative activity and lipopolysaccharide-induced NO production in murine macrophage RAW264.7 cells. **Journal of Experimental Biomedical Sciences**, v. 13, p. 161- 168, 2007.

LEE, S.H.; RHIN, J.W.; KIM, D.H. Effect of preparation methods on the characteristics of *Salicornea herbacea* salt. **Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry**, v. 52, n. 3, p. 264-269, 2009.

LEUNG, S.W.; SIDDHANTI, S.; WILLIAMS, B.; CHAN, A.W.K.; MINSKI, M.J.; DANIELS, C.K.; et al. Effects of diet intake on metal and electrolyte distributions in vital organs. **Procedia environmental sciences**, 2: 92-97, 2010.

LI, Y.; ZHANG, X.; JIANG, L.; YUAN, L.; CAO, T.; LI, X.; et al. Inhibition of acetylcholinesterase (AChE): a potential therapeutic target to treat alzheimer's disease. **Chemical biology & drug design**, 86: 776-782, 2015.

LIETH, H.; SUCRE, M. G.; HERZOG, B. Mangroves and halophytes: restoration and utilisation. 1 ed. **Amsterdam: Springer Netherlands**, 160 p, 2008.

LIO-PO, G. *Luminous Vibrio* and the greenwater culture of the tiger shrimp *Penaeus monodon* with tilapia. In: PERSCHBACHER, Peter W.; STICKNEY, Robert R. **Tilapia in intensive co-culture**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, Cap. 6. p. 81-93, 2017.

LONARD, R.I.; JUDD, F.W.; STALTER, R. The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Batis maritima* C. Linnaeus. **Journal of Coastal Research**, n. 3, v. 7, 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**, 29: 105-117, 2013.

MARCONE, M.F. *Batis maritima* (Saltwort/Beachwort): a nutritious, halophytic, seed bearings, perennial shrub for cultivation and recovery of otherwise unproductive agricultural land affected by salinity. **Food Research International**, 36: 123- 130, 2003.

MARCONE M.F. *Batis maritima* (Saltwort/Beachwort): a nutritious, halophytic, seed bearings, perennial shrub for cultivation and recovery of otherwise unproductive agricultural land affected by salinity. **Food Research International**, 36, 123–130, 2003.

MARINI, M.; ANGOURIA-TSOROCHIDOU, E.; CARO, D.; THOMSEN, M. Daily intake

of heavy metals and minerals in food – a case of study of four danish dietary profiles. **Journal of cleaner production**, 280: 124279, 2021.

McINTOSH, R. Changing paradigms in shrimp farming: V. establishment of heterotrophic bacterial communities. **Global Aquaculture Alliance**, The Advocate, p 52-54, 2000.

MELO-SILVEIRA, R.; FIDELIS, G.; VIANA, R.; SOEIRO, V.C.; SILVA, R.A.; MACHADO, D.; et al. Antioxidant and antiproliferative activities of methanolic extract from a neglected agricultural product: corn cobs. **Molecules**, 19: 5360–5378, 2014.

MEOT-DUROS, L.; MAGNÉ, C. Antioxidant activity and phenol content of *Crithmum maritimum* L. leaves. **Plant Physiol. Biochem**, 47: 37–41, 2009.

MILSTEIN, A.; HERNÁNDEZ, M. Ecological Basis of Tilapia Co-culture systems. In: PERSCHBACHER, P. W.; STICKNEY, Robert R. **Tilapia in intensive co-culture**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, Cap. 1. p. 1-24, 2017.

MLADENKA, P.; MACAKOVA, K.; FILIPSKY, T.; ZATLOUKALOVA, L.; JAHODAR, L.; BOVICELLI, P.; et al. In vitro analysis of iron chelating activity of flavonoids. **Journal of Inorganic Biochemistry**. 2011; 105: 693–701, 2011.

MONTEIRO, A.F.M.; VIANA, J.O.; NAYARIESSERI, A.; ZONDEGOUMBA, E.N.; MENDONÇA-JUNIOR, F.C.B.; SSOTTI, M.T.; et al. Computational studies applied to flavonoids against Alzheimer's and Parkinson's diseases. **Oxidative medicine and cellular longevity**, 21, 2018.

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops-what is the cost. **New Phytol**, 208: 668-673, 2015.

MURRAY, A.P.; FARAONI, M.B.; CASTRO, M.J.; ALZA, N.P.; CAVALLARO, V. Natural AChE inhibitors from plants and their contribution to Alzheimer's disease therapy. **Current neuropharmacology**, 11: 388-413, 2013.

O'LEARY, J.W.; GLENN, E.P.; WATSON, M.C. Agricultural production of halophytes irrigated with seawater. *Plant and Soil* 89, 311–321, 1985.

OLSZOWY, M. What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants. **Plant physiology and biochemistry**, 144: 135-143, 2019.

PANTA, S.; FLOWERS, T.; LANE, P.; DOYLE, R.; HAROS, G.; et al. Halophyte agriculture: Success stories. **Environmental and Experimental Botany**, 107, 71– 83, 2014.

PARK, S.H.; KO, S.K.; CHOI, J.G.; CHUNG, S.H. *Salicornia herbacea* prevents high fat diet-induced hyperglycemia and hyperlipidemia in ICR mice. **Archives of Pharmacal Research**, v. 29, n. 3, p. 256-264, 2006.

PERSCHBACHER, P.W. Historical use of tilapia in intensive co-culture. In: PERSCHBACHER, P.W.; STICKNEY, R.R. **Tilapia in intensive co-culture**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, Cap. 3. p. 36-49, 2017.

PHILLIPS, M.; SUBASINGHE R. Small-Sacale Shrimp Farmers and Global Markets - Trends, Future Prospects and Adaption. In: Alday-Sanz, V. (ed). In: **The Shrimp Book**. Nottingham University Press. United Kingdom, 920 p. 59, 2010.

PINHEIRO, I.; ARANTES, R.; SANTO, C.; VIEIRA, F.; LAPA, K.; GONZAGA, L.; FETT, R.; BARCELOS-OLIVEIRA, J.; SEIFFERT, W. 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.

PODOLAK, I.; GALANTY, A.; SOBOLEWSKA, D. Saponins as cytotoxic agents: a review. **Phytochemistry reviews**, 9: 425-474, 2010.

POLI, M. APLICAÇÃO DA AQUICULTURA MULTITRÓFICA PARA A PRODUÇÃO DO CAMARÃO-BRANCO-DO-PACÍFICO EM SISTEMA DE BIOFLOCOS. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC. 75p, 2018.

POSADAS B.C.; HANSON T. R. Economics of Integrating Nursery System into Indoor Biosecure Recirculating Salt Water Shrimp Grow-out System. In: Leung P.S; Engle C., 2006. **Shrimp Culture: Economics, Market and Trade**. Blackwell Publishing, Iowa, USA. 335p, 2006.

PRIMAVERA, J.H. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. **Ocean Coast Manage**, 49: 531–545, 2006.

QADIR, M.; NOBLE, A.D.; OSTER, J.D.; SCHUBERT, S.; GHAFOR, A. Driving forces for sodium removal during phytoremediation of calcareous sodic and saline-sodic soils: a review. **Soil Use and Management**, 21, 173–180, 2006.

QUIDEAU, S.; DEFFIEUX, D.; DOUAT-CASASSUS, C.; POUYSEGU, L. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. **Angew. Chem. Int**, 50: 586e621, 2011.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

RAY, A.J.; DILLON, K.S.; LOTZ, J.M. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. **Aquaculture Engineering**, Ocean Springs, n. 45, p.127-136, 13 jun. 2011.

ROCHA, I.P. A Importância da Aquicultura e da Carcinicultura no Contexto da Produção Mundial de Pescado: Desafios e Oportunidades para o Brasil. **Revista da ABCC**. pag. 16-24. Jun. 2013.

RODRIGUES, M.J.; GANGADHAR, K.N.; VIZETTO-DUARTE, C.; WUBSHET, S.G.; NYBERG, N.T.; BARREIRA, L.; et al. Maritime Halophyte Species from Southern Portugal as Sources of Bioactive Molecules. **Marine Drugs**, 12: 2228-2244, 2014.

ROSEIRO, L.B.; RAUTER, A.P.; SERRALHEIRO, M.L.M. Polyphenols as acetylcholinesterase inhibitors: structural specificity and impact on human diseases.

Nutrition and Aging, 1: 9-111, 2012.

ROZEMA, J.; SCHAT, H. Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture. *Environmental and Experimental Botany* 92, 83–95, 2013.

RSCHBACHER, P.W.; STICKNEY, R.R. **Tilapia in intensive co-culture**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, Cap. 7. p. 94-113, 2017.

RUSO, B.; PICCONI, F.; MALANDRUCCO, I.; FRONTONI, S. Flavonoids and insulin-resistance: from molecular evidences to clinical trials. **International Journal of Molecular Sciences**, 20: 2061-2078, 2019.

SAMOCHA, T.M. Use of Intensive and Super Intensive Nursery System. In: Alday-Sanz, V. (ed). **The Shrimp Book**. Nottingham University Press. United Kingdom, 920 p, 2010.

SAMOCHA, T.M. Advances in Shrimp Nursery Technologies. In: Browdy C.L; Jory D. E. (eds) **The Rising Tide – Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farmin**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 316 p. 60, 2009.

SAMOCHA, T.M.; PRAGNELL D.I.; HANSON, T.R.; TREECE G.D.; MORRIS, T.C.; CASTRO, L.F.; STARESINIC, N. Design and operation of super-intensive biofloc-dominated systems for the production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Baton Rouge: World Aquaculture Society**, 398 p, 2017.

SANTOS, T.C.; GOMES, T.M.; PINTO, B.A.S.; CAMARA, A.L.; PAES, A.M.A. Naturally occurring acetylcholinesterase inhibitors and their potential use of alzheimer's disease therapy. **Fronties in pharmacology**, 9: 14, 2018.

SCHARDONG, R.M.F.; MORO, M.F.; BONILLA, O.H. Aquaponic system with white shrimp *Litopenaeus vannamei* rearing and production of the plant *Batis maritima*, *Sarconia neei* and *Sporobolus virginicus*. **Brazilian archives of biology and**

technology, 63: 1-12, 2020.

SCHVEITZER, R. **Efeito dos sólidos suspensos totais na água e dos substratos artificiais sobre o cultivo de *Litopenaeus vannamei* com bioflocos.** 2012. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Aquicultura, Aquicultura, UFSC, Florianópolis, 2012.

SCOPEL, B.R.; SCHWEITZER R.; SEIFFERT, W.; PIERRI, V.; ARANTES, R.; VIEIRA, F.; VINATEA, L. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em Sistema Bioflocos. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Online), v. 46, p. 928-934, 2011.

SCOPEL, B.R.; NASCIMENTO, R.O. Resultados zootécnicos de um protótipo comercial da tecnologia bioflocos (BFT) implantado em WSSV no estado do RN. Trabalho apresentado de forma oral. FENACAM, Natal – RN, 2013.

SCOPEL, B.R. Mergulhando na Aquicultura Asiática: Inovações e Tecnologia da Ásia para a Carcinicultura Brasileira. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (ABCC)**, Natal-RN, p. 49 - 51, 01 jan. 2014b.

SCOPEL, B. R. Vantagens do Cultivo Intensivo, Critérios e Oportunidades para o Brasil. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (ABCC)**, Natal-RN, p.35-39, 15 jul. 2014a.

SCOPEL, B.R.; SILVA A.N. A utilização de berçários e raceways em fazendas de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* no Brasil - I - Histórico, Conceitos e Tendências. **Revista Aquaculture Brasil**. Janeiro/Fevereiro 2017a.

SCOPEL, B.R.; SILVA A.N. A utilização de berçários e raceways em fazendas de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* no Brasil II – Desinfecção e fertilização. **Revista Aquaculture Brasil**. Março/Abril, 2017b.

SCOPEL, B.R.; SILVA A. N. A utilização de berçários e raceways em fazendas de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* no Brasil III - Critérios para povoamento e

engorda. Maio/Junho, 2017c.

SHABALA, S.; MACKAY, A. Ion transport in halophytes. **Advances in Botanical Research**, 57, 151–199, 2011.

SHABALA, S. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. **Annals of Botany**, 112, 1209–1221, 2013.

SHABALA, S.; BOSE, J.; HEDRICH, R. Salt bladders: Do They matter? **Trends in Plant Science**, 19, 687–691, 2014.

SINGH, M.; KAUR, M.; KUKREIA, H.; CHUGH, R.; SILAKARI, O.; SINGH, D. Acetylcholinestase inhibitors as Alzheimer therapy: From nerve toxins to neuroprotection. **European Journal of Medicinal Chemistry**, 70: 165-188, 2013.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG II. 2ª edição. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

SQUIRES, V.R.; AYOUB, A.T. **Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands**. Dordrecht/ Boston/ London: Kluwer Academic Publishers, 1992.

STICKNEY, R.R.; PERSCHBACHER, P.W.; PARKER, N. New models and rationales. In: PERSCHBACHER, P. W.; STICKNEY, R. R. **Tilapia in intensive co-culture**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, Cap. 4. p. 50-70, 2017.

STICKNEY, R.R. Tilapia feeding habitats and environmental tolerances. In: PERSCHBACHER, P. W.; STICKNEY, R. R. **Tilapia in intensive co-culture**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, Cap. 2. p. 25-35, 2017.

SUDHAKARAN, M.; SARDESAI, S.; DOSEFF, A.L. Flavonoids: new frontier for immuno-regulation and breast cancer control. **Antioxidants**, 8: 103-129, 2019.

TAW, N. Malaysia Shrimp Project Scales Up For Production In Biosecure Biofloc Modules. Global Aquaculture Alliance (GAA). **Global Aquaculture Advocate**, Jan./Feb., 2013.

TAW, N. Malaysia Shrimp Project Scales Up For Production In Biosecure Biofloc Modules. Global Aquaculture Alliance (GAA). **Global Aquaculture Advocate**, Jan./Feb., 2013. TIDWELL, J. H et al. **Aquaculture Production Systems**. Hardcover: World Aquaculture Society, 421 p, 2012.

TIMMONS, M.B.; EBELING, J.M. **Recirculating aquaculture**. 2. ed. Auburn, 2007. VAN RIJIN, J.; TAL, Y.; SCHREIER, H. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. **Aquaculture Engineering**, Rehovot, v. 34, n. 1, p.364-376, jan. 2006.

VAHEDI, A. The absorption and metabolism of heavy metals and mineral matters in the halophyte plant *Artemisia aucheri*. **International journal of biology**, 5: 63-70, 2013.

VAN WYK. P; SCARPA J. Water Quality and Management. Pags 128-138 in: P. VAN DE WYK, M. D. HODKINS, R. LARAMORE, K. L. MAIN, J. SCARPA editors. **Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwaters Systems**. Florida Department of Agricultural and Consumers Services, Tallehassee. 61, 1999.

VENTURA, Y.; WUDDINEH, W.A.; MYRZABAYEVA, M.; ALIKULOV, Z.; KHOZIN-GOLDBERG, I.; SHPIGEL, M.; SAGI, M. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. **Scientia Horticulturae**, 128: 189-196, 2011.

VENTURA, J.; ALARCON-AGUILAR, F.; ROMAN-RAMOS, R.; CAMPOS-SEPULVEDA, E.; REYS-VEGAS, M.L.; BOONE-VILLA, V.D.; JASSO-VILLAGOMEZ, E.I.; et al. Quality and antioxidant properties of a reduced-sugar pomegranate juice jelly with an aqueous extract of pomegranate peels. **Food Chemistry**, 136: 109-115, 2013.

VINATEA, L.; GALVEZ, A.O.; VENERO, J.; LEFFLER, J.; BROWDY, C. Oxygen consumption of *Litopenaeus vannamei* juveniles in heterotrophic medium with zero water exchange. **Pesqui. Agropecu. Bras.** 44, 534–538, 2009.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 211 p, 2016.

WAGNER, H., BLADT, S. **Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas**. 2 ed, Munique: Springer, 1996.

WASEL, Y. Biology of Halophytes, 1972. In. *PHYSIOLOGICAL ECOLOGY, A Series of Monographs, Texts, and Treatises*. EDITED BY T. T. KOZLOWSKI, *University of Wisconsin*, 1972.

ZAGOTTO, G.; SUPIRO, R.; FAVINI, E.; MORO, S.; PALUMBO, M. New 1,4-anthracene-9,10-dione derivatives as potential anticancer agents. **Il Farmaco**, 55: 1–5, 2000.

ZAR, K.F.; HAN, J.; KSOURI, R.; EL, O.A.; ABDELLY, C.; ISODA, H. Antiobesity Effects of an Edible Halophyte *Nitraria retusa* Forssk in 3T3-L1 Preadipocyte Differentiation and in C57B6J/L Mice Fed a High Fat Diet-Induced Obesity. **Evid Based Complement Alternat Med**. 368658, 2013.

ZIMMERMANN, S. Commercial aquaculture of Tilapia and Shrimps in Biofloc Systems. Paper presented in the Annual Meeting of Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ) Meeting, July 20-23, Belo Horizonte, MG, Brazil. 2015.

ZIMMERMANN, S. O desenvolvimento de um sistema aquaponico comercial num sistema integrado de cultivo de tilapias e camarões, com o estudo do equilibrio de macro e micro-nutrientes. Palestra proferida na XV Feira Nacional do Camarão (FENACAM). Natal, Brazil, 15-18 de novembro de 2017.

ZIMMERMANN, S. Rações específicas para sistemas de Recirculação com Bioflocos (Bio-RAS). Palestra proferida na XVII Feira Nacional do Camarão (FENACAM). Natal,

Brazil, 12-15 de novembro de 2019.

ZORODDU, M.A.; AASETH, J.; CRISPONI, G.; MEDICI, S.; PEANA, M.; NURCHI, V.M. The essentials metals for humans: a brief overview. **Journal of inorganic biochemistry**, 195: 120-129, 2019.