



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE
PROCESSOS AMBIENTAIS

SALATIEL HENRIQUE PEREIRA DE LIMA

**PRODUÇÃO DE LIPÍDIOS POR *Salicornia neei*
Lag COM POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE
APLICAÇÃO PARA ALIMENTOS E MEIO
AMBIENTE**

Recife, 02 de março de 2023

SALATIEL HENRIQUE PEREIRA DE LIMA

**PRODUÇÃO DE LIPÍDIOS POR *Salicornia neei*
Lag COM POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE
APLICAÇÃO PARA ALIMENTOS E MEIO
AMBIENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

Área de Concentração: Desenvolvimento em Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki

Co-orientador: Dr. Josimar Gurgel Fernandes

Recife, 02 de março de 2023

L732p

Lima, Salatiel Henrique Pereira de

Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação para alimentos e meio ambiente / Salatiel Henrique Pereira de Lima, 2023

85 f. : il.

Orientador: Galba Maria de Campos Takaki.

Coorientador: Josimar Gurgel Fernandes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2023.

1. Halófitas. 2. Lipídeos. 3. *Salicornia neei*. 4. Moléculas
5. Biotecnologia. 6. Viscosidade. I. Título.

CDU 574.6

Pollyanna Alves - CRB4/1002

**PRODUÇÃO DE LIPÍDIOS POR *Salicornia neei*
Lag COM POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE
APLICAÇÃO PARA ALIMENTOS E MEIO
AMBIENTE**

SALATIEL HENRIQUE PEREIRA DE LIMA

Examinadores:



Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki (Orientadora)
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



Prof. Dr. Marcos Antônio Barbosa de Lima (titular interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Norma Gusmão

Profa. Dra. Norma Buarque de Gusmão (titular externo)
Universidade Federal de Pernambuco- UFPE

Defendida em: 02/03/2023

Coordenador: Prof. Dr. Sérgio Mendonça de Almeida

DEDICATÓRIA

“Agradeço a DEUS por ter segurado
minha mão e conduzido meus passos
até mais uma vitória”.

“Meus sinceros agradecimentos aos meus pais,
Luciana Pereira de Lima e Salatiel Severino de Lima
e também a Galba Maria Campos Takaki,
sem o apoio de vocês, eu jamais conseguiria”.

“As pessoas fazem muitos planos, mas quem decide
é DEUS, o SENHOR” – Provérbios 19:21

“Que posso eu oferecer a Deus, o SENHOR, por tudo de
bom que ele me tem dado?” – Salmos 116:12

“Foi o SENHOR que fez isto, e é coisa maravilhosa aos nossos olhos” – Salmos 118:23

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me guiar e ajudar a enfrentar os desafios.

Aos Meus pais, minha base na vida. Agradeço por estarem sempre presente em todos os momentos mais importantes da minha vida. Obrigado por me darem tanta força.

Aos meus familiares, tanto os que estão em vida, como também aqueles que partiram.

Ao Prof. Dr. Pe. Pedro Rubens Ferreira Oliveira, S.J., Reitor da Universidade Católica de Pernambuco, por todas as facilidades e condições de trabalho.

À Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki, minha orientadora, pela dedicação, ensinamentos, incentivo e formação científica e tecnológica para alcançar meus objetivos. Minha eterna gratidão.

Ao Dr. Josimar Gurgel Fernandes, meu co-orientador, pelo grande apoio, ensinamentos e compreensão em todos os momentos.

Às Professoras, Dra. Rosileide Fontenele da Silva Andrade e Dra. Adriana Ferreira de Souza pela assistência prestada durante a realização dos experimentos.

A todos Docentes do Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais (PPGDPA), pelos ensinamentos e apoio em todos os momentos. A Isabela Cristina do Monte Nunes, por todo apoio e atenção durante todo processo seletivo.

À Camila Cristina de França Ferreira, Uiara Maria de Barros Lira Lins e Camila Freire de Melo, que estiveram presentes durante toda jornada do Mestrado, e a todos os meus colegas do PPGDPA, pelo companheirismo.

Aos técnicos do NPCIAMB, Sr. Severino Humberto de Almeida e André Felipe Lima, por todo apoio e suporte no laboratório. A Sra. Sônia Maria de Souza, secretária do NPCIAMB, por toda assistência.

A FACEPE, pela concessão da bolsa.

À CAPES e ao CNPq, pelo suporte financeiro para o desenvolvimento da Dissertação.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 Plantas halófitas e principais representantes	17
3.2 Características gerais do Gênero <i>Salicornia</i>	17
3.2.1 Aspectos botânicos de <i>Salicornia neei</i>	19
3.3 Aplicações do Gênero <i>Salicornia</i>	23
3.3.1 Aplicações tradicionais de <i>Salicornia</i>	25
3.3.2 aplicações de <i>Salicornia</i> como alimento	25
3.3.2.1 Características nutricionais e compostos bioativos do Gênero <i>Salicornia</i>	27
3.3.3 Aplicações da <i>Salicornia</i> na farmacologia.....	30
REFERÊNCIAS.....	35
CAPÍTULO II – Capítulo de livro: Localização Histoquímica e Potencial Antioxidante de Lipídios da Raiz, Caule e Folha de <i>Salicornia neei</i> Lag.....	44
ABSTRACT.....	45
1. Introdução.....	46
2. Materias e métodos	47
3. Resultados e discussões	49
4. Conclusões	51
Agradecimentos.....	51

Referências	52
CAPÍTULO III - PATENTE 1: Lipídios de <i>Salicornia neei</i> com potencial Terapêutico	56
TABELAS	62
DESENHOS	63
CAPÍTULO IV - PATENTE 2: Lipídios de planta halófito com aplicação no desenvolvimento de biocombustível híbrido	64
TABELAS	69
DESENHOS	70
CAPÍTULO V.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
ANEXOS	73
ANEXO I	74
Capítulo de livro: Histochemical Localization and Antioxidant Potential of Lipids from the Root, Stem and Leaf of <i>Salicornia neei</i> Lag	75
ANEXOS II	84
Publicações, Capítulo de livro e participação em eventos científicos no período do mestrado ...	85
Artigos completos publicados em periódicos.....	85
Capítulo de livro	85
Participação em eventos científicos	85

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 – Característica da <i>Salicornia neei</i> Lag.....	20
Figura 2 - Morfologia da <i>Salicornia neei</i> (A) e Floração da <i>Salicornia neei</i> (B).....	21
Figura 3 – Cosmético a base de <i>Salicornia herbacea</i>	34

CAPÍTULO II

Figura 1 – Característica da <i>Salicornia neei</i> Lag.....	47
Figura 2–Cortes transversais mostrando as camadas celulares da <i>Salicornia neei</i> L.....	49

CAPÍTULO III

Figura 1 – Todas as estruturas da planta colhida para o desenvolvimento do estudo	63
Figura 2 – Característica da <i>Salicornia neei</i> Lag.....	63

CAPÍTULO IV

Figura 1 – Halófito perene Morfologia (A) e Floração (B).....	70
Figura 2 – Estrutura <i>Salicornia neei</i> Lag raiz, caule e folha	70

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 – Composição química nutricional da halófito <i>Salicornia</i>	27
Tabela 2 - Bioatividades detectadas em inúmeras espécies de <i>Salicornia</i>	29

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Teor de lipídios totais de folha, caule e raiz de <i>Salicornia neei</i>	50
Tabela 2 – Atividade antioxidante nos extratos lipídicos de <i>Salicornia neei</i>	51

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Conteúdo de lipídios totais de <i>Salicornia neei</i> Lag	62
Tabela 2 – Ação antimicrobiana dos lipídios raiz, caule e folha em bactérias e leveduras.....	62

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Viscosidade dos lipídios/óleos de <i>Salicornia neei</i> avaliados à temperatura de 27,4° C e velocidade de agitação a 50 rpm.....	69
Tabela 2 – Viscosidade dos lipídios/óleos de <i>Salicornia neei</i> avaliados à temperatura de 27,4° C e velocidade de agitação a 100 rpm.....	69

RESUMO

A *Salicornia* tem sido historicamente usada tanto na área alimentar, como em outros usos sem fins comestíveis. A farmacopeia oriental relata seus usos medicinais. A *Salicornia neei* Lag, halófito conhecida como aspargo marinho está presente nas marismas temperadas e subtropicais da costa Atlântica da América do Sul, cresce em solos com elevada salinidade intersticial (16 a 55 dS m⁻¹). Investigações foram realizadas com *Salicornia neei* Lag com o objetivo de localizar e extrair os lipídios de diferentes partes da planta (raiz, caule e folha), visando estabelecer o perfil dos lipídios e conhecer as possíveis aplicações biotecnológicas, considerando que os estudos com lipídios na sua maioria estão relacionados aos lipídios de sementes. Nesse contexto, análises foram efetuadas com a planta, e entre essas análises, o método histoquímico onde foi localizada a estrutura da planta (raiz, caule e folha) com maior síntese de lipídios, sendo observado coloração mais intensa nas gotículas de óleos presentes na planta, que foram coradas de preto ou azul escuro. Todas as estruturas apresentaram síntese de lipídios, porém a maior quantidade gotículas de óleo coloridas foram observadas na raiz. Os lipídios totais foram extraídos com o sistema de solventes clorofórmio: metanol (2:1, 1:1 e 1:2 v/v), apresentando valores mais elevados para a raiz, correspondendo a 10,06%, seguido da folha 5,67% e o caule 3,07%, confirmando os resultados da localização histoquímica. Dando continuidade, estudos foram dirigidos para avaliar o potencial dos óleos de raiz, caule e folha na atividade antimicrobiana. A atividade antimicrobiana dos lipídios isolados da raiz, folha e do caule demonstraram preferencialmente ação contra fungos. Contudo, os lipídios do caule demonstraram atividade contra *Pseudomonas aeruginosa* UCP 1559 e da folha para *Bacillus subtilis* UCP 1593, respectivamente, indicando elevado potencial de ambos para a área farmacêutica, gerando perspectivas de aplicabilidade como um candidato para a área farmacêutica. E a viscosidade dos óleos da raiz, caule e folha também foi avaliado, os resultados das viscosidades foram bastante promissores, demonstrando o elevado potencial de aplicação no desenvolvimento de biocombustíveis híbridos, representando para raiz valores de 71,4%, caule 85,9% e folha 76,30%. Os resultados promissores dos estudos realizados com os óleos de *S. neei*, geraram perspectivas promissoras no desenvolvimento e inovação oriundos da planta halófitas, onde duas Patentes foram depositadas.

Palavras-chave: Halófito. Lipídios. Moléculas ativas. Ação antimicrobiana. Viscosidade.

ABSTRACT

Salicornia has historically been used both in food and in other non-edible uses. The Oriental pharmacopoeia reports its medicinal uses. *Salicornia neei* Lag, a halophyte known as sea asparagus is found in temperate and subtropical salt marshes along the Atlantic coast of South America, grows in soils with high interstitial salinity (16 to 55 dS m⁻¹). Investigations were conducted with *Salicornia neei* Lag aiming to locate and extract lipids from different parts of the plant (root, stem and leaf), in order to establish the profile of lipids and know the possible biotechnological applications, considering that the studies on lipids are mostly related to seed lipids. In this context, analyses were performed with the plant, and among these analyses, the histochemical method where the plant structure (root, stem and leaf) with higher lipid synthesis was located, being observed more intense coloration in the oil droplets present in the plant, which were stained black or dark blue. All structures showed lipid synthesis, but the highest amount of colored oil droplets were observed in the root. Total lipids were extracted with the solvent system chloroform: methanol (2:1, 1:1 and 1:2 v/v), showing higher values for the root, corresponding to 10.06%, followed by the leaf 5.67% and the stem 3.07%, confirming the results of histochemical localization. Continuing, studies were directed to evaluate the potential of root, stem and leaf oils in antimicrobial activity. The antimicrobial activity of the lipids isolated from the root, leaf, and stem showed preferential action against fungi. However, the lipids from the stem showed activity against *Pseudomonas aeruginosa* UCP 1559 and from the leaf against *Bacillus subtilis* UCP 1593, respectively, indicating high potential of both for the pharmaceutical area, generating prospects of applicability as a candidate for the pharmaceutical area. And the viscosity of the root, stem and leaf oils were also evaluated, the results of the viscosities were very promising, demonstrating the high potential for application in the development of hybrid biofuels, representing for root values of 71.4%, stem 85.9% and leaf 76.30%. The promising results of the studies performed with the oils from *S. neei*, generated promising perspectives in the development and innovation from the halophytes plant, where two patents were filed.

Keywords: Halophyte. Lipids. Active molecules. Antimicrobial action. Viscosity.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O estudo das plantas há muitos anos apresenta grande relevância como fonte de alimentos, remédios caseiros ou medicamentos e são baseados em compostos bioativos, que ocorrem naturalmente. E além disso muitas plantas são consideradas importantes para nutrição humana, considerando o elevado teor de vitaminas e minerais, que confere grande valor econômico a determinadas espécies. Contudo, grandes problemas vêm ocorrendo devido a degradação contínua de terras agrícolas por salinização devido à diminuição da água doce e águas subterrâneas (MUNNS e TESTER, 2008; PANTA et al., 2014; QADIR et al., 2014).

As plantas tipicamente conhecidas como halófitas apresentam mais resistência ao sal do que culturas agrícolas convencionais, além de apresentarem elevado potencial biotecnológico. Destacando-se nesse contexto, a *Salicornia neei* antes denominada de *Salicornia gaudichaudiana* Moq. e *Sarcocornia ambigua* (Michx) M.A. Alonso & M.B. Crespo, como uma planta halófito nativa da América do Sul, oriunda de solos naturalmente salinos (VENTURA et al., 2011; ALVES et al., 2019).

Nos últimos anos a *S. neei* vem chamando bastante atenção devido ao elevado potencial biotecnológico e ampla utilização. Inúmeras são as aplicações de halófitas, dentre elas: a) fitorremediação de rejeitos/efluentes salinos, b) restauração de ambientes costeiros, c) produção de biomassa vegetal e d) dietas humana e animal. Entre as diversas aplicabilidades da halófito, destaca-se, a inclusão na dieta humana (ACOSTA-RUIZ et al., 2011; ALVES et al., 2020).

Um dos gêneros mais importantes de halófitas no mundo hoje é a *Salicornia*, que cresce em área salina, possibilitando dessa forma um cultivo sustentável para exploração como fonte promissora de compostos bioativos. Nesse contexto, a *S. europaea* conhecida pela sua riqueza em minerais, fibras alimentares e várias substâncias bioativas (fitosteróis e compostos fenólicos), possibilita seu emprego na alimentação como nutracêuticos, devido também a composição química e atividade biológica (ISCA et al., 2014; OLIVEIRA e SAPATA, 2018).

Clorofila, carotenoides e cinzas foram encontrados em maiores conteúdos em folhas do que nas raízes, além da presença, principalmente, de macronutrientes (Na^+ , Ca^{2+} , e K^+). Os compostos fenólicos identificados como ácido clorogênico e rutina, foram encontrados nas raízes e folha, ambos com atividade antioxidante (RAHMAN et al., 2022). Os autores sugerem o uso dessa halófito *S. europaea* com base na quantidade e qualidade dos compostos químicos, com uma fonte no futuro para indústria alimentar e na medicina (ESSAIDI et al., 2013; QASIM et al., 2017; WANG et al., 2021). Dos lipídios isolados do gênero *Salicornia* com maior destaque vem sendo os ácidos graxos insaturados e os ácidos graxos essenciais, porém, apenas são explorados na sua maioria em sementes (EL-MALLAH et al., 1994; BASHAN et al., 2000; EGANATHAN et al., 2006; ELSEBAIE, 2013). Contudo, os óleos extraídos de plantas apenas

de *S. bigelovii* e *S. brachiata* visaram apenas a produção de biodiesel (FOLAYAN et al., 2019).

Por outro lado, os ácidos graxos essenciais apresentam inúmeras aplicações na saúde humana e na prevenção de doenças, existindo uma correlação positiva do teor de ácidos graxos essenciais com uma redução na morbidade e mortalidade de doenças cardiovasculares, no desenvolvimento infantil, no funcionamento do cérebro, na visão, na artrite, hipertensão, *diabetes mellitus* e distúrbios neurológicos/neuropsiquiátricos (MUKHAMETOV et al., 2021). Contudo, esse grupo de ácidos graxos não são obtidos pela “síntese de novo”, porém podem ser sintetizados a partir dos ácidos linoleico e α -linolênico, quando presentes na dieta.

E ainda, a outra forma de ingestão desses ácidos graxos essenciais, é a partir de suplementos nutricionais, denominados nutracêuticos (MARTIN et al., 2006). Os nutracêuticos são produtos naturais caracterizados como ômega 9 (ácido oleico C18:1), ômega 6 (linoleico C18:2) e ômega 3 (α -ácido linolênico C18:3), podendo ser produzidos por animais, plantas, e micro-organismos e possibilitam benefícios para a saúde e o bem-estar (SANDE et al., 2018).

As plantas halófitas podem ser usadas para fornecer metabólitos secundários como produtos farmacêuticos contra micro-organismos patogênicos, aditivos alimentares e nutracêuticos, acelerando o metabolismo, ou como complemento alimentar, sendo recomendado para o tratamento antiobesidade e na prevenção de várias doenças. Além disso, o cultivo das halófitas pode gerar biomassa para alimentação de rebanhos, produção de probióticos, óleos e biodiesel (KONG et al., 2012; PATEL, 2016; LOCONSOLE et al., 2019; CÁRDENAS-PÉREZ et al., 2021).

Neste sentido, ampliação dos estudos biotecnológicos com *Salicornia neei* são dirigidos para estabelecer o conteúdo de lipídios em diferentes partes da planta (raiz, caule e folha), como compostos bioativos, com perspectivas de desenvolver formulações com aplicação destinados à área farmacêutica e ao meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Localizar, extrair e conhecer o perfil para antimicrobianos e de viscosidade dos lipídios totais de diferentes partes da *Salicornia neei*, visando contribuir e valorizar o potencial da planta halófito em aplicações biotecnológicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar a localização histoquímica dos lipídios presentes na raiz, caule e folha;
- Extrair os lipídios das diferentes partes da planta *S. neei*;
- Isolar, identificar e quantificar os lipídios presentes em *S. neei*;
- Determinar as propriedades físico-químico (viscosidade) dos lipídios isolados de *S. neei*;
e
- Determinar as propriedades biológicas (atividade antioxidante e antimicrobiana) dos lipídios isolados de *S. neei*.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Plantas halófitas e principais representantes

As halófitas equivalem 1% da flora mundial e consegue sobreviver em localidades a onde a concentração de Cloreto de Sódio (NaCl) é superior a 200 mM; por isso, a sua tolerância pode alcançar até cerca de 15 gramas por litro de NaCl, essas concentrações suportadas pelas halófitas é equivalente à metade da concentração da água do mar. Mediante mecanismos fisiológicos e bioquímicos, elas contêm a capacidade de acumular significativas quantidades de sais em seus tecidos para estabelecer o equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo trazendo bastante benefícios para as comunidades rurais tais como: melhorar a salinidade as terras salinas e a subsistência (GUNNING, 2016).

As halófitas são classificadas em três grupos: Halófitas obrigatórias requerem sais como inúmeras espécies dos gêneros *Salicornia*, *Sarcocornia*, *Arthrocnemum*, *Limonium*, *Suaeda*, *Limoniastrum*, *Atriplex*, *Frankenia*, *Spartina*, *Puccinellia*; Halófitas preferenciais optam por sais como o exemplo da *Scirpus maritimus* var. *compactus*, *Juncus maritimus*, *Salsola vermiculata*, *Hordeum marinum*; Halófitas de subsistência toleram sais como *Phragmites australis*, *Juncus acutus*, *Cotula coronopifolia*, *Beta vulgaris* subsp. *Maritima*, dentre outras (COSTA e HERRERA, 2016; DE MELO et al., 2019).

As halófitas são únicas na sua habilidade de concentrar sais nas suas folhas, em quantidades iguais ou superiores às da água do mar, sem prejuízo para a planta. Essas acumulações iônicas proporciona a manutenção do elevado conteúdo hídrico na célula, mesmo na presença de baixo potencial hídrico externo em salinidades elevadas (WILLADINO e CAMARA, 2010).

3.2 Características gerais do Gênero *Salicornia*

A *Salicornia* L. antes denominada de *Sarcocornia* A. J. Scott (Salicornioideae, Amaranthaceae), são espécies de plantas halófitas pertencente à família Amaranthaceae. Amaranthaceae é uma família do Reino Plantae pertencente às angiospermas e à ordem Caryophyllales Juss. Ex Bercht. & J. Presl. E estão inseridas nas Eudicotiledônias, que contém como principal característica o desenvolvimento de dois ou mais cotilédones. Essa família possui cerca de 180 gêneros, compostos por aproximadamente 2000 espécies distribuídas por todo o planeta, com predominância em regiões tropicais e subtropicais (COSTA et al., 2018; ALVES et al., 2019).

São plantas com ciclos anuais ou perenes, predominantemente herbácea, tendo poucos representantes com hábito arbustivo ou arborícola. Podem conter substrato tanto aquáticos quanto

terrícola, com porções subterrâneas lenhosas ou suculentas. Suas folhas dispõem pecíolos desprovidos de estípulas e a distribuição é espiralada ou oposta cruzada (PATEL, 2016).

Já suas flores, assim como os frutos, são geralmente secas e hermafroditas (bissexuados), sendo somente alguns representantes unissexuados. Também são pequenas e contém simetria radial, sendo dispostas em inflorescência capituliformes, espiga ou cacho. Dispõem um único verticilo de estames, e o órgão feminino contém somente um óvulo basal, ambas características divididas com a família Cenopodiaceae presente na mesma ordem (CARDOSO et al., 2022).

Em outras palavras são parte do único grupo do reino vegetal que dispõe de pigmentos da classe betalaína. A betalaína são originadas de aminoácidos aromáticos (L-fenilalanina e a L-tirosina) e são pigmentos (alcaloides coloridos) vacuolares naturais, e são biossintetizados a partir do ácido betalâmico (aldeído α , β – insaturado instável). Esse pigmento produzido pela família Amaranthaceae evidencia propriedades extremamente importante (antiproliferativo, cardioprotetor, antimicrobiano, anticancerígeno, hipolipemiante, antidiabético, hepatoprotetor, anti-inflamatório) (HAMERSKI et al., 2013; LIMA et al., 2021).

Os representantes da família Amaranthaceae estão distribuídos por todo o mundo, com predominância nas zonas tropicais e subtropicais americanas e africanas, com grande ocorrência em ambientes em desequilíbrio, como áridos ou muitos salinos. Somente alguns gêneros são encontrados em regiões temperadas, e os maiores centros de diversidade estão na América Central e do Sul, além do sul da África e da Austrália (BALOGUN e ASHAFA, 2019; DA SILVA e DE MELO, 2019).

O grupo Amaranthaceae engloba inúmeras espécies de plantas, e essas espécies são empregadas na alimentação e na medicina. Alguns exemplos de Amaranthaceae que são frequentemente aplicadas na alimentação são: a beterraba, acelga, espinafre e a quinoa. Na área da saúde, determinadas espécies são empregadas dentro da medicina tradicional e popular, como é o caso da *Alternanthera brasiliana* L. Kuntze, que detém propriedades anti-inflamatórias, analgésicas e antivirais para herpes simples. Outra espécie, bastante averiguada, é a *Pfaffia glomerata* (Spreng) Pedersen. Segundo o conhecimento popular, ela apresenta propriedades afrodisíacas e anti-hiperglicemiante, sendo aplicada para controle de diabetes (MIGUEL, 2018; HIGASHIJIMA et al., 2020; SANTOS, 2022).

Atualmente uma espécie pertencente à família Amaranthaceae, vem chamando bastante atenção devido sua ampla aplicabilidade. A *Salicornia*, nos dias atuais vem ganhando visibilidade diante da sua aplicação na fitoextração e fitoestabilização de solos contaminados (REIS et al., 2020). O gênero *Salicornia*, é formado pelas espécies *S. pacifica*; *S. subterminalis*; *S. virginica*; *S. borealis*; *S. ramosíssima*; *S. marítima*; *S. rubra* e *S. bigelovii*, *S. mossiana*, *S. natalensis*, *S. pacifica*, *S. pulvinata*, *S. borealis*, *S. europaea*, *S. perennis*, *S. brachiata*, *S. borysthenica*, *S.*

pruinosa, *S. neei* e dentre outras (SALAZAR et al., 2013; LUTTS e LEFÈVRE, 2015; BURBOA et al., 2017).

Diversas são as espécies existentes de *Salicornia*, entretanto, as mais avaliadas são: *Salicornia europaea* na Grã Bretanha, França e Irlanda; *Salicornia bigelovii* nos Estados Unidos da América (EUA) e México; *Salicornia brachiata* na Índia; *Salicornia virginica* no Canadá, EUA e México; *Salicornia marítima* no Canadá, EUA e México; *Salicornia ramosissima* na França e Ibéria; *Salicornia herbacea* na Coreia do Sul e *Salicornia persica* no Irã (PATEL, 2016).

A *Salicornia* consegue ser cultivadas utilizando a irrigação com água salinas em terras estéreis, áridas, salinas e costeiras, ou seja, podem ser consideradas para agricultura com água do mar. Diante disso, com o aquecimento global e ameaça de submersão de mais terras devido ao aumento do nível do mar, além da redução da disponibilidade de água doce com o aumento do nível do mar, além da minimização de água doce com a maximização da população, uma modificação para cultura salina pode ser uma opção sustentável viável (KATSCHNIG, 2013; SINGH et al., 2014).

Os solos colonizados pela *Salicornia* são muitas vezes saturados de água exibindo baixas concentrações de oxigênio, que são controladas pela frequência de inundação, concentração de oxigênio na coluna de água e nos poros do solo (WITTE et al., 2018).

Por habitarem em locais onde existe uma alta concentração de sal, essas plantas criaram táticas de adaptação a estas condições extremas, como por exemplo, o desenvolvimento da suculência nas folhas, que resulta no aumento da relação volume/área externa. Na presença de grande concentração de sódio no meio externo há absorção de potássio e sódio e, também inibição do crescimento e produtividade como resposta ao estresse salino (DONCATO e COSTA, 2018).

3.2.1 Aspectos botânicos de *Salicornia neei*

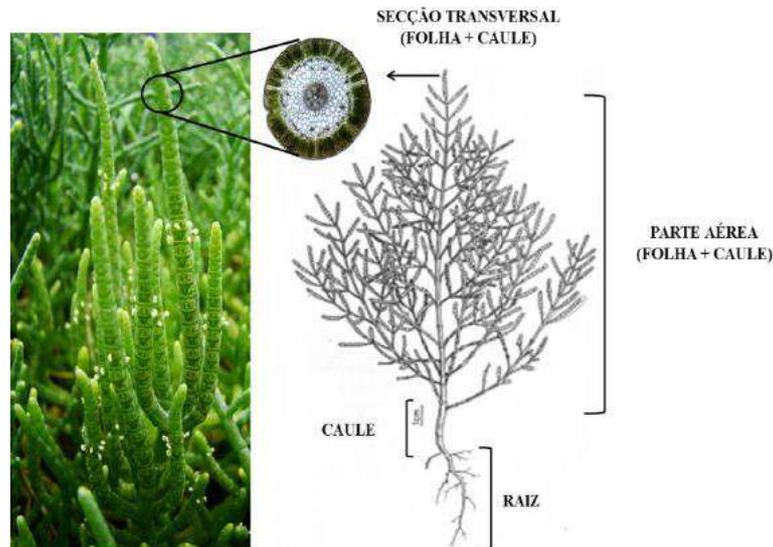
A *Salicornia neei* Lag. denominada anteriormente em outros estudos com os nomes *Salicornia gaudichaudiana* Moq. e *Salicornia ambigua* (*Sarcocornia ambigua*) Michx. M.A. Alonso & M.B Crespo. É uma planta nativa da América do Sul, presente na região sul do Brasil. Segundo alguns estudos encontrados na literatura, relatam que a *Salicornia neei* pertence à classe Equisetopsida, subclasse Magnoliidae, à ordem Caryophyllales, à família Amaranthaceae, ao gênero *Salicornia* (LUTTS e LEFÈVRE, 2015; BURBOA et al., 2017).

A família Amaranthaceae apresenta uma subfamília denominada de *Salicornioideae*, e esse grupo está distribuído em aproximadamente, 15 gêneros (reconhecendo *Salicornia* diferente de *Sarcocornia*) e 80 espécies (ALVES et al., 2020).

O gênero *Salicornia*, antes era confundido com o gênero *Sarcocornia*, porém, a *Salicornia* apresenta características (figura 1) como: caules esponjosos com escalas, e suas folhas, flores e

frutos são discretos. Já o gênero *Sarcocornia* é apresentado com as seguintes características: plantas perenes, ramificadas, com ramos prostrado-ascendente, cuja altura varia de acordo com a espécie, mas geralmente, não é maior que 70 cm (PATEL, 2016).

Figura 1 – Característica da *Salicornia neei* Lag.

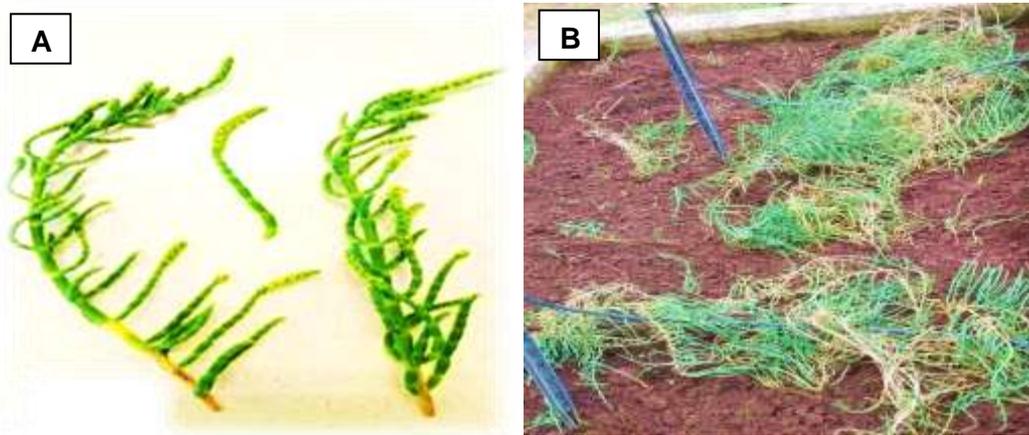


Características geral de *S. neei* (esquerda), com detalhe de seção transversal da parte aérea (folha contornando o caule), e representação esquemática da estrutura da planta (direita).

Fonte: Bertin (2014).

A morfologia da *S. neei* é simples (Figura 2), uma vez que produz somente brotos suculentos aparentemente sem folhas, as flores são alinhadas horizontalmente nos brotos. Suas folhas apresentam vértice arredondado a subagudo. Contém estruturas florais minimizadas, com inflorescências (150 x 4 mm), dispostas em um ponto terminal do ápice das brácteas. Suas sementes tem diâmetro de 1,4 x 0,9 mm e são cobertas em seus bordos (50 a 95 µm) (LOPES et al., 2017; ALVES et al., 2019).

Expressa floração (Figura 2) entre novembro e março, e abrangem estrutura radicular, produz poucas ramificações e tende a ser superficial, muitas vezes penetrando menos de 10 a 20 cm no solo. Identifica-se na forma de haste (caule) suculenta com altura máxima de 50 cm, ereta ou decumbente, de forma cilíndrica e segmentada, correspondendo aos pares de folhas fusionadas sobre a haste. Apresenta haste de cores verdes a avermelhadas, devido à presença de betacianina (AMEIXA et al., 2016).

Figura 2 - Morfologia da *Salicornia neei* (A) e Floração da *Salicornia neei* (B)

Fonte: Autoria própria (2022).

É uma halófita da região costeira, e está presente principalmente nas áreas de restinga, e essa espécie de planta halófita se desenvolve em solos com salinidade intersticial elevada. Atualmente pesquisas relacionadas à *Salicornia neei* apontam que na idade adulta, essa halófita é altamente tolerante à salinidade (THOMAZI et al., 2013; REIS et al., 2020).

A *S. neei* apresenta ciclo de vida perene, e devido a essa condição pode sobreviver por diversos anos, sendo capaz de ser disseminada por sementes ou pelo meio de crescimento vegetativo, em razão a sua capacidade caulinar de rebrotamento após a poda (ALVES et al., 2019; REIS et al., 2020). Contêm o mecanismo de acúmulo de solutos, que resulta no baixo teor de água potencial dentro do tecido, permitindo uma absorção de água suficiente, mesmo em ambientes hipersalinos (WITTE et al., 2018).

O cultivo da halófita *Salicornia neei* é uma alternativa bastante sustentável para o aproveitamento de áreas do semiárido sujeitas à salinização do solo. O Brasil possui uma rica flora de halófitas com grande potencial biotecnológico e econômico para produção de alimentos e de substâncias bioativas (COSTA et al., 2018).

São poucos os estudos localizados da espécie *S. neei*, entretanto, os poucos estudos encontrados relatam que apresentam um grande potencial de emprego na alimentação devido seu alto valor nutricional, sendo rica em minerais (potássio, magnésio, cálcio e zinco), fibras dietéticas, proteínas, compostos bioativos com atividade antioxidante e anti-inflamatória (com destaque aos compostos fenólicos) e lipídios (ácidos graxos insaturados) com destaque aos ácidos graxos essenciais (ácidos palmíticos, graxos poli-insaturados, linoleico, oleico) (COSTA et al., 2014; TAVARES et al., 2020).

A *S. neei* é bastante utilizada na dieta humana como sal verde, essa possibilidade de emprego na alimentação é devida sua composição conter Cloreto de Sódio (NaCl). Em razão

da halófito viver em solos salinos seus tecidos concentram NaCl, e a partir dos caules desidratados é possível obter o sal verde (COELHO et al., 2021).

O sal verde é bastante vantajoso quando comparado ao sal de cozinha, pois em sua composição contém menor quantidade de NaCl. O excesso de sal presente na dieta faz mal à saúde, podendo ocasionar inúmeras patologias, dentre essas doenças ocasionadas pelo elevado teor de sal, destacam-se, a Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) (NOBRE et al., 2013; DIAS, 2015).

A HAS ou Pressão Alta é uma doença caracterizada pelo aumento da força do sangue contra as artérias, ou seja, uma tensão acima do normal exercida pelo sangue sobre as paredes dos vasos sanguíneos de um determinado órgão (OLIVEIRA et al., 2021).

Inúmeros são os fatores de risco para a hipertensão, entretanto, o consumo elevado de sal é a principal causa da HAS. Porém, especialista reforça a necessidade de os seres humanos consumirem o sal para manter o bem estar e o equilíbrio do organismo (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA e RIBAS FILHO, 2018).

Diante da necessidade do consumo equilibrado de NaCl, o sal verde devido seu baixo teor de NaCl, torna-se uma opção bastante eficiente para a substituição do sal de cozinha, ou seja, uma alternativa bastante promissora para a manutenção da Pressão Arterial Sistêmica (COELHO et al., 2021).

A *Salicornia* foi inserida no mercado europeu como vegetal sem folhas semelhantes ao aspargo verde. Os caules carnudos deste vegetal são bastante procurados para cozinhas *gourmet*, não apenas pelo seu sabor salgado, mais também pelo seu valor nutricional em termos de vitaminas e minerais com propriedades antioxidantes. Dentre os constituintes presentes na *Salicornia* destaca-se, a vitamina C e o β -caroteno (KURMANBAYEVA et al., 2017).

Entre os elementos bioativos com propriedades terapêuticas localizadas nessa espécie, merecem destaque os compostos fenólicos, que vem sendo objeto de estudo, face as suas propriedades antioxidantes, as quais podem resultar em diferentes atividades biológicas, inflamatória, antineoplásica e antitrombótica (PENTEADO et al., 2022).

Nos dias atuais a *Salicornia* é valorizada pelo seu potencial como alimento funcional em razão de suas características antioxidantes. Acredita-se que com a elevação da salinidade, acontece uma maximização na formação de Espécies Reativas de Oxigênio (ROS), as quais auxiliam para modificação da integridade da membrana celular e também para mudança da ação enzimática, em resposta ao dano oxidativo, induzem a síntese das enzimas antioxidantes (catalase, superóxido dismutase, glutatona redutase) e antioxidantes não enzimáticos (ascorbato, tocoferol, compostos fenólicos), que contribuem para o aumento dos compostos bioativos e conseqüentemente para elevação da atividade antioxidantes (HA et al., 2006; RHEE

et al., 2009; KIM et al., 2011).

Em 2010, o laboratório de Biotecnologia de Halófitas (BTH) do instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), RS, Brasil, começou um programa de melhoramento da *S. neei*, identificando e realizando o cruzamento de diferentes biótipos em populações naturais do sul do Brasil. E este programa sucedeu duas linhagens puras, a partir de plantas selvagens do estuário da Lagoa dos Patos (30 °S) no Rio Grande do Sul, RS, Brasil, morfologicamente distintas dessa espécie denominadas BTH1 (fenótipo vermelho na maturidade, de crescimento prostrado) e BTH2 (fenótipo verde na maturidade, de crescimento decumbente) (FIERRO-SANUDO et al., 2020).

Além da coloração avermelhada distinta, plantas BTH1 maduras contém concentrações minerais nos caules significativamente maiores do que as plantas BTH2, particularmente microminerais tais como Fe, Mn, Zn e Cu (até 25-50% maiores) e sua ingestão diária foi calculada em 20, 200 e 5 gramas de caules secos na dieta de humanos, ovelhas e peixes, respectivamente (KASHYAP et al., 2021).

Já a linhagem BTH2 produziu maiores quantidades de metabólitos (e.g fenólicos totais, flavonoides livres totais, quercetina e ácido protocatecuico), apresentou maior atividade antioxidante, com coeficiente de inibição $IC_{50} = 5,41$ mg massa seca mL^{-1}), cresceram mais, tendo maior rendimento de biomassa e maior suculência, sendo a linhagem de *S. neei* empregada na pesquisa (DE SOUSA BEZERRA et al., 2020).

3.3 Aplicações do Gênero *Salicornia*

Estudos relatam que a presença da *Salicornia* nas águas salinas pode maximizar a segurança hídrica e alimentar de regiões desérticas ou semiáridas, como parte do Nordeste do Brasil, onde a água doce é um recurso escasso. Destaca-se também o emprego para tratamento de efluentes da aquicultura marinha, devido sua tolerância a salinidades elevadas como da água do mar, bem como, por apresentarem elevada produtividade e absorção de nutrientes (WEBB et al., 2012; GLENN et al., 2013; ROZEMA e SCHAT, 2013; SHPIGEL et al., 2013; BUHMANN et al., 2015).

A *Salicornia* também é empregada na forragem para animais, fabricação de fármacos, fitorremediação de áreas salinizadas, extração de óleo das sementes para emprego industrial e produção de biocombustíveis. Variadas espécies de *Salicornia* é cultivada em escala comercial com êxito, como a *S. bigelovii* aplicada para produção de biodiesel, ração animal, extração de sal e óleo (DÍAZ et al., 2013; VENTURA e SAGI, 2013).

Segundos estudos efetuados na Província de Guaya, no Equador, por MARIA et al. (2017) e Patel (2016), evidenciaram para a espécie *Salicornia fruticosa*, a existência de alcaloides, flavonoides, taninos, antraquinonas, quinonas, menor proporção triterpenos e saponinas e extrato

de etanol; também, um alto teor de sal, devido à sua condição de planta halófito, contendo atividade antibacteriana e propriedades anti-hipertensivas e, são citadas na medicina popular, pelo alívio de dor de dente, reumatismo crônico, obesidade, diabetes, câncer, estresse oxidativo, inflamação, asma, hepatite e gastroenterite. No Equador é usada associada a leguminosa devido ao seu conteúdo nutricional ser rico em sódio, potássio, magnésio e proteína (JANG 2007; KONG et al., 2008; HAN et al., 2010; KANG et al., 2011).

Na investigação científica de Mroczek (2015) foi detectado que a atividade citotóxica dos glicosídeos nortrierpedoides da *Salicornia bigelovii* foi testada em linhas de cancro humano HL-60 (leucemia). A espécie *S. bigelovii*, também apresentou grande potencial biotecnológico como cultura irrigada com água salgada. Porém, não há dados suficientes relacionado a qualidade é conteúdo de óleo dessa espécie.

Foi detectada também composições qualitativas e quantitativas de ácidos graxos nas sementes de *Salicornia bigelovii* cultivadas na Arábia Saudita, além da capacidade antioxidante, essa espécie também é recomendada para o consumo animal e síntese de biodiesel. A *S. bigelovii* produz sementes oleaginosas, e essas sementes produzidas foram avaliadas como matéria-prima promissora para a produção de biodiesel, e outra característica apontada dessa planta é a remoção de metais pesados (D'OCA et al., 2012; AL-RASHED et al., 2016).

Um estudo recente realizado com a *Salicornia ramosissima* revelou que essa espécie contém resposta fotoprotetora aos raios UV, relacionada com o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante da mesma. Autores também apontaram que devido a *S. ramosissima* cresce no limite superior da maré, e passa longos períodos do seu desenvolvimento fora da água, sofrendo uma elevada exposição aos raios UV, pode ter desencadeado esse mecanismo fotoprotetor (HUPEL et al., 2011).

No seu habitat a *Salicornia* desempenham atribuições de proteção contra a erosão ocasionada pela força das ondas, na costa, e de filtração de contaminantes do sedimento, cruciais para a ecologia da zona. Por exemplo, *S. europaea* retira cádmio de solos salinos, já a *S. bigelovii* remove efetivamente selênio de solos e águas contaminadas, e ambas contêm a capacidade de inibir o crescimento de *Skeletonema costatum*, uma diatomácea marinha responsável pela eutrofização das águas (JIANG et al., 2010; HAMZENEJAD et al., 2012; JIANG et al., 2012; KHANLARIAN et al., 2020).

O cultivo controlado de inúmeras espécies obtidas de diversos habitats, evidenciou resultados diversificados. *S. bigelovii* foi cultivado em casa de vegetação, o que refletiu que o rendimento da colheita pode mudar dependendo das plantas provenientes de diferentes habitats. O cultivo em condições de estufa reduziu a biomassa e a produção de frutos, embora o cultivo tenha sido bem-sucedido. Além disso, foi analisado rendimento específico da espécie, como observado em *S. ramosissima*, que produziu mais biomassa colhível que *S. dolichostachya* (EL SHAER, 2010).

Neste sentido, por habitarem nas localidades onde existe uma alta concentração de sal, essas plantas criaram táticas de adaptação a essas situações extremas, como por exemplo, o desenvolvimento da suculência nas folhas, que origina na maximização da relação volume/ área externa. Na presença de grande concentração de sódio no meio externo há absorção de potássio e sódio e, também, inibição do crescimento e produtividade, como resposta ao estresse salino (DÍAZ et al., 2013).

A *Salicornia* também é empregada no consumo humano. No mercado europeu são utilizadas como vegetais com brotos sem folhas, parecidos como aspargos verdes, e na Itália e na França como ingrediente em vinagre, já na Coreia como vegetais temperados, salada e alimentos fermentados (KIM et al., 2011).

Os caules carnudos desse vegetal é bastante requerido pelas cozinhas gourmet, não só pelo seu sabor salgado, mas também pelo seu valor nutricional em termos de minerais (sódio, potássio, magnésio, cálcio, fósforo, ferro e zinco), e compostos químicos como ácidos palmíticos, graxos, poli-insaturados, linoleico e oleico. Além disso, vitamina D, K e C, β -caroteno; coincidentemente, tem sido aplicada para fins industriais, terapêutico e alimentares (KURMANBAYEVA et al., 2017).

Estudos apontam que a utilização na dieta humana está relacionada aos inúmeros benefícios que elas promovem a saúde, sendo ricas em metabólitos como ácidos graxos insaturados, minerais, compostos fenólicos e flavonoides, com ação anti-inflamatória, antiviral, antimicrobiana e quelante de metais (JHA et al., 2012; GARGOURI et al., 2017; PENTEADO et al., 2022).

3.3.1 Aplicações tradicionais de *Salicornia*

A aplicação da *Salicornia L.* na medicina tradicional, assim como na alimentação, também encontrasse bem documentado. Em meados de 1793 a 1794 na América do Norte, a espécie “*samphire*”, (*S. europaea*), natural das salinas do sudoeste do Alasca, era conhecida pelas suas características antiescorbúticas. Recentemente, na região do Golfo de Edremit pertencente a Turquia, foi retratada a administração oral de *S. europaea* fresca, para tratamento da papeira. E essa mesma espécie é empregada na medicina tradicional chinesa, para tratamento de Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), cefaleias e escorbuto (MUDIE et al., 2005; POLAT e SATIL, 2012; WANG et al., 2012).

3.3.2 aplicações de *Salicornia* como alimento

Além do emprego da *Salicornia* diretamente em saladas, ou processados em conserva como pickles, em bebidas ou em vinagre, os poucos estudos relataram a utilização da *Salicornia* em pó como substituto ao sal de cozinha em pães, salsichas e presuntos, acompanhando uma

tendência de ingestão de produtos naturais e benéficos para a saúde. O pó da *Salicornia brachiata* foi patenteada na Alemanha (DE60208082T2) como sal herbal e é vendido como um produto nutracêuticos, por ser similar ao Cloreto de Sódio (NaCl) e abranger outros minerais e menor teor de sódio (BUHMANN e PAPENBROCK, 2013).

De acordo com dados encontrados na literatura, em 2011 Lee, sintetizou um substituto de sal com baixo teor de sódio a partir do extrato aquoso de três plantas, dentre ela a *Salicornia herbacea*. Este substituto evidenciou salinidade relativa de 0,65 comparado com NaCl. Com resultados similares de salinidade, este substituto do sal apresenta 43% menos sódio que o sal comum, podendo ser empregado nos alimentos, reduzindo o teor de sódio, porém mantendo o mesmo sabor salgado provavelmente em virtude a presença de outros minerais como Magnésio, Cálcio, Ferro e Potássio (PENTEADO et al., 2022).

Kim et al. (2014) analisou que a substituição de 50% do Cloreto de Sódio por 1% do pó de *S. herbacea* maximizou a solubilidade proteica, viscosidade aparente, e também otimizou a estabilidade da emulsão e a textura em salsichas cozidas.

Contudo, são escassos na literatura estudos sobre a aplicação do extrato de *Salicornia*, rico em compostos bioativo como os compostos fenólicos, em produtos alimentícios, sendo encontrado alguns trabalho como de Padalino et al. (2019), onde o extrato de *S. europaea* foi inserido em massa fresca de trigo duro, e obtiveram um produto com maior teor de compostos fenólicos e flavonoides (21% e 140% maior que o controle, respectivamente), além de maior atividade antioxidante (148% maior que o controle) dos fragmentos bioaccessíveis das amostras digeridas, sem prejudicar a qualidade microbiológica, propriedades sensoriais e de cozimento da massa.

O extrato de *Salicornia* conseguiria ser empregado na indústria de carnes, inserido a charcutaria, que está se concentrando na otimização de substitutos naturais de nitratos e nitritos, uma vez que a demanda dos consumidores para produtos de carnes orgânicas e naturais foram elevadas, acarretando assim a maximização no consumo de produtos contendo nitrato e nitrito de sódio (sais de cura) (ALAHAKOON et al., 2015).

A ingestão em demasia desses alimentos contendo compostos químicos naturais está associado a efeitos adversos à saúde humana, como efeito carcinogênico. A utilização diária de carnes processadas foi relacionada ao aumento de 18% no risco de câncer colorretal humano (DOMINGO e NADAL, 2017; DAGOSTIN et al., 2019).

Porém, diante do efeito ocasionados pelo uso dos sais de cura em produtos cárneos, ainda se faz necessário a aplicação, uma vez que não se tem até hoje um aditivo natural apto a suprir todas suas funções, no desenvolvimento das características de cor e sabor, e no efeito antioxidante e antimicrobiano (SEBRANEK et al., 2012). Desse modo, o emprego do extrato de *Salicornia* como substituto parcial dos sais de cura, seria uma alternativa viável para elaboração

de produtos cárneos funcionais, sem prejudicar significativamente suas características físico-químicas e microbiológicas.

3.3.2.1 Características nutricionais e compostos bioativos do Gênero *Salicornia*

Atualmente, pesquisas relacionadas a *Salicornia* têm relatado suas qualidades químicas e nutricionais. Em 2011, o Centro de Estudos e Valorização de Algas, desenvolveu uma ficha nutricional (tabela 1) demonstrando o quantitativo das substâncias presente no gênero *Salicornia*.

Tabela 1 – Composição química nutricional da halófito *Salicornia*

<i>Salicornia</i>	Unidade	Valor Médio	Mínimo	Máximo
Energia	Kj	39		
Energia	Kcal	9,24		
Água	G	92,2	92	92,4
Proteínas	G	0,67	0,2	0,88
Glícidos (por diferença)	G	1,1		
Fibras alimentares	G	2,5	2,4	2,5
Lipídios	G	0,24	0,9	0,37
A.G. Saturados	G	0,03	0,02	0,03
A.G. Monoinsaturados	G	0,01	0	0,02
A.G. Poliinsaturados	G	0,08	0,09	0,08
Sódio	Mg	1024	873	1123
Magnésio	Mg	75	64	87
Fósforo	Mg	20	0,7	9,2
Potássio	Mg	119	105	133
Cálcio	Mg	34	30	39
Manganésio	Mg	0,7		
Ferro	Mg	4,9	0,7	9,2
Cobre	Mg	0,07		
Zinco	Mg	0,5		
Iodo	Mg	< 0,09		
Selênio	µg	N.D		
Vitamina A (eq. Retinol)	µg	N.D		
Betacaroteno	µg	N.D		
Vitamina D	µg	N.D		
Vitamina K	µg	N.D		

Vitamina C	µg	N.D		
------------	----	-----	--	--

Fonte: Centro de Estudos e Valorização de Algas (2011).

No geral, as halófitas evidencia um alto teor de umidade, fibras dietéticas e cinzas, sendo que este último associado a concentração total de minerais, provavelmente relacionado ao ambiente salino no qual elas crescem com habilidade de reter minerais (DÍAZ et al., 2013).

No caso específico da *Salicornia neei*, foi explanada a seguinte composição proximal: 88,2% de umidade; 2,8% de fibras; 3,0% de cinzas; 1,9% de proteínas, 0,2% de lipídeos, 3,6% de carboidratos, 10,2 mg g⁻¹ de sódio, 2,9 mg g⁻¹ de potássio, 0,9 mg g⁻¹ de magnésio e 0,5 mg g⁻¹ de cálcio (BERTIN et al., 2014).

Em relação ao teor de lipídeos, destaca-se a presença de ácidos graxos insaturados no caule de *S. neei*, e principalmente ácido linolênico (C18:3) e linoleico (C18:2), cujos benefícios para a saúde humano são bem conhecidos. Na pesquisa efetuada por D’oca et. (2012) foi analisado que o óleo da semente de *S. neei* é constituído principalmente por ácidos graxos poli-insaturados (68%), dentre os quais 43% representa ao ácido linoleico e 4% ao ácido linolênico (VENTURA et al., 2011).

A constituição química e a atividade antioxidante podem modificar até dentro da mesma espécie devido às condições de estresse ambiental sob as quais as halófitas se desenvolvem (temperatura, salinidade, disponibilidade de água, luminosidade, deficiência de nutrientes, estresse iônico, frequência e duração da inundação pela água salgada e presença de plantas de pântano salino) (DEUNER et al., 2011).

Em função dessas situações de estresse ambiental, há minimização na troca de gases, limitando o suprimento de gás carbônico (CO₂) para as folhas, acarretando a redução da cadeia de transporte de elétrons fotossintéticos e à síntese de Espécies Reativas ao Oxigênio (ROS). Em resposta a esse tipo de dano oxidativo nas halófitas, a síntese de antioxidantes como ascorbato, glutatona, carotenoides e compostos polifenólicos é induzida (BUHMANN e PAPENBROCK, 2013; SOUZA et al., 2018).

Na análise efetuada por Bertin et al. (2014) foram detectadas 15 compostos fenólicos em plantas de *S. neei*, coletadas na região de Santa Catarina: uma cumarina (escopoletina), um aldeído fenólico (siringaldeído), oito ácidos fenólicos (*p*-cumárico, cinâmico, vanílico, ferúlico, cafeico, siríngico, sinápico, clorogênico) e cinco flavonoides (galangina, quercetina, naringina, kaempferol e isoquercitrina), sendo quantificados em elevado teor o ácido ferúlico, ácido cafeico, ácido vanílico, ácido *p*-cumárico, kaempferol e galangina. Para a mesma espécie, entretanto, cultivada no Rio Grande do Sul, os importantes compostos fenólicos localizados foram kaempferol e ácido gálico, seguido por ácido hidroxibenzóico e quercetina (COSTA et al., 2018).

Em 2017, Altay et al. constataram em cinco espécies diferentes de *Salicornia* e três

subespécie, alto conteúdo mineral e atividade antioxidante ligada particularmente ao alto teor de ácidos fenólicos (vanílico e p-cumárico). O extrato da espécie *Salicornia freitagii* evidenciou maior atividade antioxidante na determinação por DPPH (coeficiente de inibição $IC_{50} = 2,54 \text{ mg mL}^{-1}$) e uma atividade antiproliferativa contra linhagens de células tumorais humanas Caco-2 ($IC_{50} = 3,03 \text{ mg mL}^{-1}$) e HT-29 ($IC_{50} = 1,67 \text{ mg mL}^{-1}$) por 72 horas. As outras bioatividades foram relacionadas ao extrato de *Salicornia* de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 – Bioatividades detectadas em inúmeras espécies de *Salicornia*

Espécie	Bioatividade	Considerações	Referências
<i>Salicornia europaea</i>	Antiobesidade	No pó dessalgado foi verificado o ácido trans-ferúlico como fundamental composto responsável nas propriedades bioativas.	Rahman et al. (2018)
<i>Salicornia neei</i>	Antioxidante	O extrato etanólico de plantas cultivadas no campo evidenciaram atividade antioxidante contra radicais DPPH ($IC_{50} = 5,41 \text{ mg mL}^{-1}$).	Souza et al. (2018b)
<i>Salicornia herbacea</i>	Antioxidante e neuroprotetor	O extrato em sua fração de cloreto de metileno demonstrou forte efeito protetor contra a morte induzida por glutamato em células HT22 de hipocampo murino.	Kim et al. (2017)
<i>Sarcocornia perennis</i>	Antioxidante e imunomodulatória	O extrato minimizou danos hepatorenais ocasionados pelo chumbo sem efeito colateral.	Gargouri et al. (2017)

Fonte: Autoria própria (2023).

Essaidi et al. (2013), atribuiu a atividade antioxidante e antimicrobiana no extrato metanólico de *S. herbacea* à presença de ácidos fenólicos (ácidos salicílicos, p-cumárico, ferúlico, cafeico) e flavonoides (quercetina, acacetina), em agregação com outros compostos como os ácidos graxos e os compostos osmóticos com a betaína. As bactérias gram-positivas foram mais susceptíveis ao extrato (diâmetro de inibição de 10 mm a 100 mg mL^{-1} com *Staphylococcus aureus*) se comparado às Gram-negativas (diâmetro de inibição de 7mm na mesma concentração com *Salmonella enteritidis*). O mecanismo da atividade antioxidante sugerido pelos autores para os fenóis (ácido cafeeiro e ácido ferúlico) é de que ocorre inibição

referente à capacidade de doação de H⁺ do fenol.

De acordo com Kumar et al. (2009), a atividade antibacteriana evidenciada no extrato de *Salicornia herbacea* está associada com a presença de polissacarídeos e de fenóis (flavonas e flavonóides), que tendem a ser solúveis em água, uma vez que eles são mais frequentemente combinados com açúcar como glicosídeos e geralmente estão situados no vacúolo celular.

A atividade antioxidante geralmente é elevada quando há maior quantidade de grupos hidroxilas nos compostos fenólicos e pode ser relatada por inúmeros parâmetros: capacidade de redução de metais (método de poder de redução do ferro – FRAP) e capacidade de sequestro de radicais orgânicos (métodos de sequestro de radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazila – DPPH) e de 2,2' – azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) – ABTS⁺). A associação dessas metodologias fornece um resultado mais fidedignos em relação a atividade antioxidante (MARIA DO SOCORRO et al., 2010).

Embora diversos estudos evidencie o forte potencial de várias espécies de *Salicornia* como fonte de compostos bioativos, e inclusive de sua aplicação na medicina tradicional e culinária local onde são achados, ainda são poucos os estudos dessas plantas, seja in natura, em forma de pó ou extrato, em produtos alimentícios (KSOURI et al., 2012).

3.3.3 Aplicações da *Salicornia* na farmacologia

Devido a maximização do número de pacientes com doenças do sistema imunitário, que sofrem de infecções fúngicas e parasitárias oportunista, em conjunto com um gradual aumento da resistência a antibióticos, eleva drasticamente a necessidade de fármacos que atuem contra microrganismo. O extrato etanólico de partes aéreas de *S. europaea* demonstrou potencial de inibição no desenvolvimento de algas, bem como atividade moderada contra leveduras, porém, não apresentou atividade contra bactérias gram-positivas e gram-negativas (LELLAU e LIEBEZEIT, 2003).

O mesmo extrato etanólico extraído de *S. europaea* demonstrou atividade citotóxica significativas contra *Artemia salina* L. e *Daphnia magna* S., bem como um efeito inibidor na indução de tumores, e diante das evidências apresentadas essa espécie possui capacidade de ser candidata a estudos posteriores, no âmbito do desenvolvimento de novos compostos antitumorais (LELLAU e LIEBEZEIT, 2003).

A *Salicornia brachiata* é responsável por atividade antifúngica e o extrato de metanol/água contendo *S. brachiata*, expôs significativamente efeitos positivos contra duas espécies de *Aspergillus*. Chandrasekaran et al., relataram que o extrato da mesma planta, composto principalmente por ésteres metílicos de ácidos gordos, demonstram atividades antibacteriana e antifúngica elevadas, em comparação aos extratos de outras Chenopodiaceae (BHOSALE et al., 1999). Os extratos extraídos a partir das raízes desta planta demonstraram-se eficientes contra

bactérias gram-positivas. Já na Índia preparações contendo *S. brachiata* são empregadas para tratamento de sarna e prurido (MANIKANDAN et al., 2009).

O extrato de metanol obtido a partir das partes aéreas de *S. brachiata* demonstraram resultados positivos na captação dos radicais ($\cdot\text{OH}$), DPPH ABTS e anião superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$). Esse mesmo extrato evidenciou habilidade redutora, o que indica um potencial para atividade antioxidante da espécie *Salicornia brachiata* (KHARE, 2008; DAFFODIL et al., 2013).

Já a *Salicornia spp.*, coletadas no Irã, apresenta capacidade de minimizar o desenvolvimento de estirpes de *Staphylococcus aureus* e também de *Escherichia coli*. As saponinas têm potencial de lisar as paredes celulares e, com base nessa informação, os autores preveem que a inibição do crescimento está interligada com a alteração da integridade da parede celular nas bactérias (MAKHSOUS et al., 2012).

S. herbacea é extensamente empregada na medicina tradicional em países orientais para tratamento de doenças intestinais, diabetes, obesidade, cancro, indigestão, hemorroidas, nefropatias, hepatite, asma, artrites e hipertensão. De fato, essa é a espécie de *Salicornia* mais bem documentada, sendo que existem inúmeros estudos sobre seus efeitos farmacológicos e biológicos: exibe atividade anti-inflamatória, antiproliferativa, anti-hiperglicêmica, anti-hiperlipidemia, antibacteriana e antioxidante (PENTEADO, 2022).

De fato, podem localiza-se patentes que reforçam este conhecimento. Tendo por exemplo, patentes de preparação de extratos de *S. herbacea* para tratamento de leucemia mieloide e aumento da imunidade ou para prevenção do ganho de peso e hiperlipidemia (HA et al., 2006).

O extrato aquoso de *S. herbacea* também demonstrou atividade antioxidante forte, que variaram de acordo com a dose, porém, essa atividade é menor quando comparada ao ácido ascórbico. O extrato de água e metanol de *S. herbacea*, tratados enzimaticamente mostraram excelente efeito na inibição da peroxidação lipídica em fígado de ratinho, com efeito dependente da dose. Essa inibição é mais eficiente no extrato aquoso tratado enzimaticamente sendo mais eficiente que o α -tocoferol, empregado como referência (JANG et al., 2007).

Uma pesquisa recente, relacionada a atividade antioxidante, evidenciou que o extrato de etanol de sementes de *S. herbacea* e suas frações, demonstram forte atividade anti-radicalar. Salientaram que a fração de acetato de etila, a qual retratou a atividade mais eficaz na captação dos radicais DPPH, ABTS e NO; e a fração de éter etílico, com melhores dados inibitórios da peroxidação lipídica. No mesmo estudo, também foi relatado que o extrato de etanol e suas frações, desempenham efeitos citotóxico contra o desenvolvimento de células tumorais das linhas HCT 116 (linha celular com taxa de crescimento rápido) e HT 29 (evolução moderada), do cólon humano (KANG et al., 2011).

E a fração de éter é responsável pelo efeito citotóxico mais potente e também por uma

toxicidade expressivamente menor contra as células intestinais normais (INT- 407). Esta toxicidade seletiva não sucede com as frações restantes. O extrato de metanol, obtido a partir dos caules da planta *S. herbacea*, evidenciou um alto efeito antioxidante, na medida em que captou o radical DPPH e demonstrou capacidade de inibir a peroxidação lipídica. Contendo, o IC₅₀ desse extrato é maior que o IC₅₀ DO BTH, um antioxidante sintético, aplicado como referência (ESSAIDI et al., 2013).

Há pouco tempo, Yu et al., (2012) relatou a atividade antioxidante e bacteriostática de determinados extratos a base de *Salicornia herbacea* e, com base nisso, indicaram sua utilização como aditivo alimentar e ingrediente de fármaco. Foram efetuados inúmeros estudos, *in vivo*, para analisar os mecanismos antioxidantes dessa halófito. Um exemplo é o trabalho conduzido a cabo por Há et al., onde é administrado o extrato aquoso de *S. herbacea* a ratinhos.

O tratamento visar maximizar as atividades das enzimas destoxicantes, por captação dos radicais e conseqüentemente, a minimização favorável dos níveis de MDA (produto resultante da peroxidação lipídica). Dessa maneira, o extrato aquoso age como modulador dos antioxidantes endógenos, auxiliando na restauração do equilíbrio celular oxidativo e conseqüentemente, diminuir o dano celular ocasionado pela Espécie Oxidativa de Oxigênio (ROS) (HA et al., 2006).

O extrato metanólico de *S. herbacea* relatou atividade antimicrobiana contra inúmeros organismos patogênicos. A resistência das estirpes bacteriana é variável, mas analisou-se que as gram-positivas são mais suscetíveis que as gram-negativas. A presença de fenóis e polissacarídeos no extrato metanólico encontra-se relacionada à atividade antimicrobiana expressada (MANIKANDAN et al., 2009).

Os polissacarídeos isolados a partir do extrato aquoso obtido a quente da *Salicornia herbacea*, estão também relacionados ao efeito imunomodulatório analisado nessa espécie. *S. herbacea* distribuído nos ratinhos, demonstrou resultado modulatório do sistema imunitário, caracterizado pela elevação fagocitária, e conseqüente ativação de macrófagos. A ativação de macrófagos sucedeu de duas maneiras distintas: a) indução de síntese de citocinas (TNF- α e IL-1 β), que estão normalmente envolvidos como mediadores chave da resposta produzida por macrófagos, em infecções ou inflamações bacterias; b) liberação de NO (relacionado com a função citotóxica dos macrófagos contra uma variedade de tumores) (IM et al., 2006).

Em simultâneo com a elevação desses parâmetros de ativação, *S. herbacea* influência em alterações morfológicas em monócitos pouco aderentes que se diferenciam em macrófagos fortemente aderentes. Subseqüentemente, IM et al. (2007), observou que os polissacarídeos de *S. herbacea* combinados com interferon- γ (IFN- γ) contém um efeito inibitório sinérgico de linhas celulares de monócitos de ratinhos, RAW 264.7, provocando adicionalmente a diferenciação em macrófagos. O feito sinérgico dos polissacarídeos e IFN- γ também foi

responsável pela síntese de TNF- α , IL-1 β e NO. A atividade sinérgica foi mais elevada quando a concentração de polissacarídeos era baixa. Esses dados afirmaram que *S. herbacea* apresentar polissacarídeos imunomodulatório (IM et al., 2003).

Jo et al., efetuaram um estudo, em ratinhos, onde o tratamento com *S. herbacea* (10% e 20% de pó da planta) direcionou a um decréscimo no ganho de peso, acompanhado de minimização expressiva dos níveis de Lipoproteína de Baixa Densidade (LDL) e do conteúdo total de lipídeos e triglicerídeos, no soro, relativamente a um grupo de controle. Por outro lado, observou-se um uma maximização do Lipoproteína de Alta Densidade (HDL) no soro. Esse resultado indica que a *Salicornia herbacea* tem ação anti-hiperlipidemia.

Park et al. (2012), relataram que o extrato etanólico de *S. herbacea* apresenta aptidão de inibir tanto o ganho de peso, como a hiperglicemia. Esse extrato contém propriedade modulatória da expressão de genes pertinente com a lipogênese. Estudos subsequentes retrataram também a influência no nível de colesterol sanguíneo. Foi reportada uma minimização expressiva dos níveis de colesterol total, de triglicerídeos e colesterol LDL e uma elevação dos níveis de colesterol HDL. Por outro lado, foi notada uma minimização substancial da acumulação de gorduras no citoplasma e adicionalmente, houve recuperação dos tecidos hepáticos, no grupo de controle.

Diante dos resultados apresentados, recomendam que os extratos derivados de *S. herbacea* é um excelente candidato para proteção dos hepatócitos danificados por uma dieta rica em gorduras, bem como para o desenvolvimento de novos fármacos para tratamento de hiperglicemia e hiperlipidemia, sem ganho de peso simultâneo (PARK et al., 2006; PARK et al., 2012).

Um estudo posterior descreveu que o extrato de etanol da planta em questão apresenta atividade inibitória contra a lipase pancreática suína, fato que pode elucidar a eficiência da planta no controle da hiperlipidemia. Além dos extratos etanólico, também o extrato aquoso de *S. herbacea* se mostrou relevante (HWANG et al., 2007).

O extrato aquoso de *Salicornia herbacea* apresenta capacidade de inibir a tirosinase, o que resulta na inibição da síntese de melanina. Assim, funciona como agente branqueador da pele, e dessa forma poderá ser uma promissora base para cosméticos. Recentemente foi otimizado o extrato aquoso de *S. herbacea*, para emprego em inúmeros cosméticos que possibilitar o rejuvenescimento da pele. Efetivamente, já é possível localizar no mercado produtos que apresenta na sua composição extratos de espécie do género *Salicornia*, como é o caso do cosmético ilustrado na figura 3 (JO et al., 2002; DOI et al., 2020).

Figura 3 - cosmético a base de *Salicornia herbacea*

Fonte: ILIA Beauty All (2023).

Outra espécie que apresenta elevado potencial biotecnológico é a *Salicornia neei*, estudos encontrados evidenciam que a *S. neei* contém alto valor nutricional, sendo rica em minerais (potássio, magnésio, cálcio e zinco), fibras dietéticas, proteínas, compostos bioativos com atividade antioxidante e anti-inflamatória (com relevância aos compostos fenólicos) e lipídios (ácidos graxos insaturados) com destaque aos ácidos graxos essenciais (ácidos palmíticos, graxos poli-insaturados, linoleico, oleico) (DONCATO e COSTA, 2022).

Os ácidos graxos poli-insaturados engloba as famílias de ácidos graxos ômega-3,6 e 9. E esses ácidos graxos de cadeia muito longa, como os ácidos araquidônico e docosahexaenóico (DHA), evidenciam importantes funções no desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina. Os ômega 3,6 e 9 apresentam diversas funções como: auxiliam na manutenção da estrutura das células e do sistema nervoso, preveni osteoporose, minimizar o colesterol ruim, maximizar o colesterol bom, prevenir doenças cardiovasculares, além de aumentar o bem estar e melhorar a imunidade (SANDE et al., 2018; IZAR et al., 2021).

Porém, esse grupo de ácidos graxos não pode ser obtido pela síntese de novo, mas pode ser sintetizado a partir dos ácidos linoleico e alfa-linolênico presentes na dieta. Outra, forma de ingestão desses ácidos graxos essenciais é a forma de suplementos em cápsulas, os denominados nutracêuticos (MACHADO et al., 2019).

Os nutracêuticos refere-se a produtos naturais constituído por vários componentes, que dispõem de benefícios para a saúde e o bem-estar das pessoas. Os seus compostos bioativos, normalmente presentes nos alimentos, são concentrados e produzidos em forma de cápsulas, pós ou comprimidos. Tais produtos podem ser usados para fins específicos, como acelerar o processo metabólico, ou simplesmente como um complemento alimentar. Também são recomendados para o tratamento e a prevenção de várias doenças (BARBOSA et al., 2021).

Apesar de apresentarem essas funcionalidades importantíssima, os nutracêuticos como exemplo os ômega (3,6 e 9) muitas vezes é inviável a toda população devido ao fator econômico. Diante disso a *Salicornia neei* demonstrar uma alternativa bastante viável e econômica para alimentação funcional.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-RUIZ, Manuel de J. et al. First record on the use of *Salicornia bigelovii* and *Scomber japonicus* fishmeals as feed for *Litopenaeus stylirostris* under super-intensive farming. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 39, n. 3, p. 409-415, 2011.
- ALAHAKOON, Amali U. et al. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 37-49, 2015.
- AL-RASHED, Sarah A. et al. Biodiesel production and antioxidant capability from seeds of *Salicornia bigelovii* collected from Al Jubail, Eastern province, Saudi Arabia. **Pak. J. Bot**, v. 48, n. 6, p. 2527-2533, 2016.
- ALTAY, Ahmet et al. Glassworts as possible anticancer agents against human colorectal adenocarcinoma cells with their nutritive, antioxidant and phytochemical profiles. **Chemistry & Biodiversity**, v. 14, n. 3, p. e1600290, 2017.
- ALVES, Paulo Ricardo et al. Fenologia da *Salicornia neei* Lag. cultivada no semiárido cearense (Phenology of the *Salicornia neei* Lag. Cultivated in Ceara Semiarid). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 489-504, 2019.
- ALVES, Paulo Ricardo et al. Solutos orgânicos e inorgânicos em *Salicornia neei* Lag. sob lâminas de irrigação e adubação no semiárido cearense. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 4, p. 360-367, 2020.
- AMEIXA, Olga MCC et al. Dimorphic seeds of *Salicornia ramosissima* display contrasting germination responses under different salinities. **Ecological Engineering**, v. 87, p. 120-123, 2016.
- BALOGUN, Fatai Oladunni; ASHAF, Anofi Omotayo Tom. A review of plants used in South African traditional medicine for the management and treatment of hypertension. **Planta medica**, v. 85, n. 04, p. 312-334, 2019.
- BARBOSA, Sandy Moté et al. USO DE ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACEUTICOS NA ESTIMULAÇÃO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO: FARMACEUTICO COMO PROMOTOR DA SAÚDE. **Cadernos Camilliani e-ISSN: 2594-9640**, v. 18, n. 4, p. 3398-3411, 2021.
- BASHAN, Y.; MORENO, M.; TROYO, E. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. **Biology and Fertility of Soils**, v. 32, p. 265-272, 2000.
- BERTIN, Renata Labronici et al. Nutrient composition and, identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 55, p. 404-411, 2014.
- BERTIN, Renata Labronici et al. Prospecção para exploração da erva de sal (*Sarcocornia ambigua*-Amaranthaceae): análise histológica, caracterização química, valor nutricional e potencial antioxidante. 2014.

BHOSALE, S. H.; JAGTAP, T. G.; NAIK, C. G. Antifungal activity of some marine organisms from India, against food spoilage *Aspergillus* strains. **Mycopathologia**, v. 147, p. 133-138, 1999.

BUHMANN, Anne K. et al. Optimization of culturing conditions and selection of species for the use of halophytes as biofilter for nutrient-rich saline water. **Agricultural Water Management**, v. 149, p. 102-114, 2015.

BUHMANN, Anne; PAPENBROCK, Jutta. An economic point of view of secondary compounds in halophytes. **Functional Plant Biology**, v. 40, n. 9, p. 952-967, 2013.

BURBOA, Cruz Enrique Beltrán et al. *Salicornia bigelovii* (Torr.): Un sistema modelo para incorporarse como cultivo agrícola en zonas árido-desérticos. **Biotecnia**, v. 19, p. 46-50, 2017.

CÁRDENAS-PÉREZ, S. et al. An overview of the emerging trends of the *Salicornia* L. genus as a sustainable crop. **Environmental and Experimental Botany**, v. 191, p. 104606, 2021.

CARDOSO, Mariana et al. From the saltpan to the plate: An evaluation of the use of the edible halophyte *Salicornia ramosissima* in catering. **Annals of Applied Biology**, v. 180, n. 1, p. 99-108, 2022.

Centro de Estudos e Valorização de Algas (2011). Fiche nutritionelle. Acedido a 15 de fevereiro de 2023 no Web site da Ceva: www.ceva.fr.

Chandrasekaran, M.; Kannathasan; K.; Venkatesalu, V., "Antimicrobial activity of fatty acid methyl esters of some members of *Chenopodiaceae*." *Z. Naturforsch C.*, 2008, 63, 331-336.

COELHO, Amanda Rosa; ANSILIERO, Andressa; FOPPA, Talize. AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E SENSORIAL DA SARCOCÓRNIA AMBIGUA USO EM POPULAÇÃO HIPERTENSA. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2021.

COSTA, C. S. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of three biotypes of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* (Michx.) MA Alonso & MB Crespo: A halophytic crop for cultivation with shrimp farm effluent. **South African Journal of Botany**, v. 117, p. 95-100, 2018.

COSTA, Cesar SB et al. Extraction and characterization of lipids from *Sarcocornia ambigua* meal: a halophyte biomass produced with shrimp farm effluent irrigation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, p. 935-943, 2014.

COSTA, César Serra Bonifácio; HERRERA, Oriel Bonilla. Halophytic life in Brazilian salt flats: Biodiversity, uses and threats. **Sabkha Ecosystems: Volume V: The Americas**, p. 11-27, 2016.

DA SILVA, Ricardo Sérgio; DE MELO, Cristiane Moutinho Lagos. PLANTAS MEDICINAIS UTILIZADAS NO NORDESTE DO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA. 2019.

DAFFODIL, Edison Dalmeida; RAJALAKSHMI, Karuppasamy; MOHAN, Veerabahu Ramasamy. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids of *Salicornia brachiata* Roxb. Leaf extracts (*Chenopodiaceae*). **World J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 2, n. 1, p. 352-366, 2013.

DAGOSTIN, Caroline Topanotti; RIGO, Flávia Karine; DAMÁZIO, Louyse Sulzbach. Associação entre alimentação vegetariana e a prevenção do câncer colorretal: uma revisão de literatura. **Revista Contexto & Saúde**, v. 19, n. 37, p. 44-51, 2019.

DE MELO, C. F.; GOMES, E. W. F.; MESSIAS, A. S. Mycorrhizal Colonization in *Atriplex nummularia* Lind. Subjected to Desalinizador Reject. **Advances and Trends in Agricultural Sciences Vol. 2**, p. 142-148, 2019.

DE SOUSA BEZERRA, Fernanda; DA COSTA, Danielly Ferraz; KOBLITZ, Maria Gabriela Bello. Aproveitamento integral de matérias-primas oleaginosas com “solventes verdes”: Revisão e oportunidades. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e372985388-e372985388, 2020.

DEUNER, Cristiane et al. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 711-720, 2011.

DIAS, Gisele. Sal verde e mais saudável. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, n. 1, p. 29-31, 2015.

DÍAZ, F. J.; BENES, S. E.; GRATTAN, S. R. Field performance of halophytic species under irrigation with saline drainage water in the San Joaquin Valley of California. **Agricultural Water Management**, v. 118, p. 59-69, 2013.

D'OCA, Marcelo GM et al. Fatty acids composition in seeds of the South American glasswort *Sarcocornia ambigua*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, p. 865-870, 2012.

DOI, Natsumi et al. Protective effects of *Salicornia europaea* on UVB-induced misoriented cell divisions in skin epithelium. **Cosmetics**, v. 7, n. 2, p. 44, 2020.

DOMINGO, José L.; NADAL, Martí. Carcinogenicity of consumption of red meat and processed meat: A review of scientific news since the IARC decision. **Food and chemical toxicology**, v. 105, p. 256-261, 2017.

DONCATO, Kennia Brum; COSTA, CÉSAR SERRA BONIFÁCIO. Growth and mineral composition of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. **Experimental Agriculture**, v. 54, n. 3, p. 399-416, 2018.

DONCATO, Kennia Brum; COSTA, César Serra Bonifácio. Influence of saline irrigation schedules on vegetative growth and reproduction of different progenies of the sea asparagus *Salicornia neei* Lag. **Biotemas**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2022.

EGANATHAN, P. et al. Oil analysis in seeds of *Salicornia brachiata*. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 2, p. 177-179, 2006.

EL SHAER, Hassan M. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. **Small Ruminant Research**, v. 91, n. 1, p. 3-12, 2010.

EL-MALLAH, M. Hassan; TURUI, T.; EL-SHAMI, S. Detailed studies on seed oil of *Salicornia SOS-7* cultivated at the egyptian border of Red Sea. **Grasas y Aceites**, v. 45, n. 6, p. 3859-389, 1994.

ELSEBAIE, E. M. et al. Oil and fatty acids composition in glasswort (*Salicornia fruticosa*) seeds. **J. App. Chem**, v. 4, p. 2278-5736, 2013.

ESSAIDI, Ismahen et al. Phytochemical investigation of Tunisian *Salicornia herbacea* L., antioxidant, antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract. **Food Control**, v. 32, n. 1, p. 125-133, 2013.

FIERRO-SANUDO, Juan Francisco; DE OCA, Gustavo Alejandro Rodríguez-Montes; PÁEZ-OSUNA, Federico. Co-culture of shrimp with commercially important plants. **Reviews in Aquaculture**, v. 1, n. 18, 2020.

FOLAYAN, Adewale Johnson; ANAWE, Paul Apeye Lucky; AYENI, Augustine Omoniyi. Synthesis and characterization of *Salicornia bigelovii* and *Salicornia brachiata* halophytic plants oil extracted by supercritical CO₂ modified with ethanol for biodiesel production via enzymatic transesterification reaction using immobilized *Candida antarctica* lipase catalyst in tert-butyl alcohol (TBA) solvent. **Cogent Engineering**, v. 6, n. 1, p. 1625847, 2019.

GARGOURI, Manel et al. Immunomodulatory and antioxidant protective effect of *Sarcocornia perennis* L.(swampfire) in lead intoxicated rat. **Toxicology mechanisms and methods**, v. 27, n. 9, p. 697-706, 2017.

GLENN, Edward P. et al. Three halophytes for saline-water agriculture: An oilseed, a forage and a grain crop. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 110-121, 2013.

GUNNING, Daryl. Cultivating *Salicornia europaea* (marsh samphire). **Dublin, Ireland: Irish Sea Fisheries Board**, v. 4, p. 1-95, 2016.

HA, Bae Jin et al. The role of *Salicornia herbacea* in ovariectomy-induced oxidative stress. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 29, n. 7, p. 1305-1309, 2006.

HAMERSKI, Lidilhone; REZENDE, Michelle Jakeline Cunha; DA SILVA, Bárbara Vasconcellos. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 3, p. 394-420, 2013.

HAMZENEJAD, TAGHLIDABAD R. et al. Simultaneous uptake and accumulation of sodium and cadmium or lead by three halophyte plants in two calcareous soils. 2012.

HAN, Eun Hee et al. Inhibitory effect of 3-caffeoyl-4-dicaffeoylquinic acid from *Salicornia herbacea* against phorbol ester-induced cyclooxygenase-2 expression in macrophages. **Chemico-biological interactions**, v. 183, n. 3, p. 397-404, 2010.

HIGASHIJIMA, Neide Setsuco et al. Fatores antinutricionais na alimentação humana. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 27, p. e020013-e020013, 2020.

HUPEL, Mélanie et al. Comparison of photoprotective responses to UV radiation in the brown seaweed *Pelvetia canaliculata* and the marine angiosperm *Salicornia ramosissima*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 401, n. 1-2, p. 36-47, 2011.

HWANG, Ji-Yeon et al. Hypolipidemic effect of *Salicornia herbacea* in animal model of type 2 diabetes mellitus. **Nutrition research and practice**, v. 1, n. 4, p. 371-375, 2007.

IM, Sun-A. et al. Synergistic activation of monocytes by polysaccharides isolated from *Salicornia herbacea* and interferon- γ . **Journal of ethnopharmacology**, v. 111, n. 2, p. 365-370, 2007.

IM, Sun-A.; KIM, Goo-Whan; LEE, Chong-Kil. Immunomodulatory activity of *Salicornia herbacea* L. components. **Natural Product Sciences**, v. 9, n. 4, p. 273-277, 2003.

IM, Sun-A.; KIM, Kyungjae; LEE, Chong-Kil. Immunomodulatory activity of polysaccharides isolated from *Salicornia herbacea*. **International Immunopharmacology**, v. 6, n. 9, p. 1451-1458, 2006.

ISCA, Vera et al. An overview of *Salicornia* genus: the phytochemical and pharmacological profile. **Natural Products: Research Reviews-Vol 2.**, v. 2, p. 145-164, 2014.

IZAR, Maria Cristina de Oliveira et al. Atualização da Diretriz Brasileira de Hipercolesterolemia Familiar–2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 117, p. 782-844, 2021.

JANG, Hyun-Seo et al. Antioxidant and antithrombus activities of enzyme-treated *Salicornia herbacea* extracts. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 51, n. 2, p. 119-125, 2007.

JHA, Bhavanath; SINGH, Nater Pal; MISHRA, Avinash. Proteome profiling of seed storage proteins reveals the nutritional potential of *Salicornia brachiata* Roxb., an extreme halophyte. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 17, p. 4320-4326, 2012.

JIANG, Dan et al. Allelopathic effects of euhalophyte *Salicornia bigelovii* on marine alga *Skeletonema costatum*. **Allelopathy J**, v. 25, p. 163-172, 2010.

JIANG, Dan et al. Inhibitory effect of *Salicornia europaea* on the marine alga *Skeletonema costatum*. **Science China Life Sciences**, v. 55, p. 551-558, 2012.

JO, Yeong-Cheol et al. Studies on pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). **Korean Journal of Medicinal Crop Science**, v. 10, n. 2, p. 93-99, 2002.

KANG, Smee et al. Antioxidant properties and cytotoxic effects of fractions from glasswort (*Salicornia herbacea*) seed extracts on human intestinal cells. **Food Science and Biotechnology**, v. 20, p. 115-122, 2011.

KASHYAP, Prem Lal et al. Resistance inducers and their role in reinforcing wheat defense system against fungal pathogens. **Journal of Cereal Research 13 (3): 229-254**. <http://doi.org/10.25174/2582-2675/2022>, v. 112810, p. 229, 2021.

KATSCHNIG, Diana; BROEKMAN, Rob; ROZEMA, Jelte. Salt tolerance in the halophyte *Salicornia dolichostachya* Moss: growth, morphology and physiology. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 32-42, 2013.

KHANLARIAN, Misagh et al. Phyto-extraction of zinc, lead, nickel, and cadmium from zinc leach residue by a halophyte: *Salicornia europaea*. **Ecological Engineering**, v. 148, p. 105797, 2020.

KHARE, Chandrama P. **Indian medicinal plants: an illustrated dictionary**. Springer Science & Business Media, 2008.

KIM, Hyun-Wook et al. Effects of red and green glassworts (*Salicornia herbacea* L.) on physicochemical and textural properties of reduced-salt cooked sausages. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 34, n. 3, p. 378, 2014.

KIM, Jin Young et al. Dicafeoylquinic acid derivatives and flavonoid glucosides from glasswort (*Salicornia herbacea* L.) and their antioxidative activity. **Food Chemistry**, v. 125, n. 1, p. 55-62, 2011.

KIM, Min Sun et al. Neuroprotective effect of halophyte *Salicornia herbacea* L. is mediated by activation of heme oxygenase-1 in mouse hippocampal HT22 cells. **Journal of medicinal food**, v. 20, n. 2, p. 140-151, 2017.

KONG, Chang-Suk et al. Antioxidant activity and inhibition of MMP-9 by isorhamnetin and quercetin 3-O- β -D-glucopyranosides isolated from *Salicornia herbacea* in HT1080 Cells. **Food Science and Biotechnology**, v. 17, n. 5, p. 983-989, 2008.

KONG, Chang-Suk et al. Evaluation on anti-adipogenic activity of flavonoid glucopyranosides from *Salicornia herbacea*. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 1073-1078, 2012.

- KSOURI, Riadh et al. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. **Critical reviews in biotechnology**, v. 32, n. 4, p. 289-326, 2012.
- KUMAR, S. Ravi et al. Antimicrobial compounds from marine halophytes for silkworm disease treatment. **International Journal of Medicine and Medical Sciences**, v. 1, n. 5, p. 184-191, 2009.
- KURMANBAYEVA, Assylay et al. Higher novel L-Cys degradation activity results in lower organic-S and biomass in *Sarcocornia* than the related saltwort, *Salicornia*. **Plant physiology**, v. 175, n. 1, p. 272-289, 2017.
- LEE, Gyu-Hee. A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. **Food Research International**, v. 44, n. 2, p. 537-543, 2011.
- LELLAU, Thomas F.; LIEBEZEIT, Gerd. Activity of ethanolic extracts of salt marsh plants from the Lower Saxonian Wadden Sea Coast against microorganisms. **Senckenbergiana maritima**, v. 32, n. 1-2, p. 177-181, 2003.
- LELLAU, Thomas F.; LIEBEZEIT, Gerd. Cytotoxic and antitumor activities of ethanolic extracts of salt Marsh plants from the lower saxonian Wadden sea, Southern North sea. **Pharmaceutical biology**, v. 41, n. 4, p. 293-300, 2003.
- LIMA, Stella Marys Nascimento et al. Revisão de literatura sobre a pitaya (*Hylocereus* spp.) Na produção de alimentos e cosméticos. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 2, p. 7120-7124, 2021.
- LOCONSOLE, Danilo et al. Halophyte common ice plants: A future solution to arable land salinization. **Sustainability**, v. 11, n. 21, p. 6076, 2019.
- LOPES, Maria; CAVALEIRO, Carlos; RAMOS, Fernando. Sodium reduction in bread: A role for glasswort (*Salicornia ramosissima* J. Woods). **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 16, n. 5, p. 1056-1071, 2017.
- LUTTS, Stanley; LEFÈVRE, Isabelle. How can we take advantage of halophyte properties to cope with heavy metal toxicity in salt-affected areas?. **Annals of botany**, v. 115, n. 3, p. 509-528, 2015.
- MACHADO, Gabriela; PUTON, Bruno Furini; BERTOL, Charise Dallazem. Nutracêuticos: aspectos legais e científicos. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 16, n. E, 2019.
- MAKHSOUS, S. Gorji; HEYDARIAN, Z.; SHEKARFOROUSH, S. Study the kinetic of in vitro antibacterial activity of *Salicornia* spp. against *Staphylococcus aureus* strains. **Research in Pharmaceutical Sciences**, v. 7, n. 5, p. 805, 2012.
- MAKHSOUS, S. Gorji; HEYDARIAN, Z.; SHEKARFOROUSH, S. Study the kinetic of in vitro antibacterial activity of *Salicornia* spp. against *E. coli* strains. **Research in Pharmaceutical Sciences**, v. 7, n. 5, p. 804, 2012.
- MANIKANDAN, T. et al. Antibacterial activity of *Salicornia brachiata*, a halophyte. **Journal of Phytology**, v. 1, n. 6, p. 441-443, 2009.
- MARIA DO SOCORRO, M. Rufino et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

MARIA, Rondon et al. Preliminary phytochemical screening, total phenolic content and antibacterial activity of thirteen native species from Guayas province Ecuador. **Journal of King Saud University-Science**, v. 30, n. 4, p. 500-505, 2018.

MARTIN, Clayton Antunes et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, p. 761-770, 2006.

MIGUEL, Maria Graça. Betalains in some species of the Amaranthaceae family: A review. **Antioxidants**, v. 7, n. 4, p. 53, 2018.

MROCZEK, Agnieszka. Phytochemistry and bioactivity of triterpene saponins from Amaranthaceae family. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, p. 577-605, 2015.

MUDIE, Petra J. et al. Forensic palynology and ethnobotany of *Salicornia* species (Chenopodiaceae) in northwest Canada and Alaska. **Canadian Journal of Botany**, v. 83, n. 1, p. 111-123, 2005.

MUKHAMETOV, Almas et al. The impact of growing legume plants under conditions of Biologization and Soil Cultivation on Chernozem fertility and productivity of rotation crops. **Legume Research-An International Journal**, v. 44, n. 10, p. 1219-1225, 2021.

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008.

NOBRE, Fernando et al. Hipertensão arterial sistêmica primária. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 46, n. 3, p. 256-272, 2013.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, Carlos Alberto; RIBAS FILHO, Durval. Potencial hidrogeniônico da água e sua influência no organismo humano: um artigo de revisão. **International Journal of Nutrology**, v. 11, n. S 01, p. S16-S23, 2018.

OLIVEIRA, Josimá Lima et al. O combate a hipertensão arterial na estratégia e saúde da família: uma revisão bibliográfica. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 2, p. e5891-e5891, 2021.

OLIVEIRA, M. Manuela; SAPATA, M. Margarida. Hortícolas alternativas cultivadas em ambientes salinos. 2018.

PADALINO, Lucia et al. Extract of *Salicornia europaea* in fresh pasta to enhance phenolic compounds and antioxidant activity. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 11, p. 3051-3057, 2019.

PANTA, Suresh et al. Halophyte agriculture: Success stories. **Environmental and experimental botany**, v. 107, p. 71-83, 2014.

PARK, Kap Joo et al. Ameliorative effect of saltwort (*Salicornia herbacea*) extract on hepatic dysfunction and hyperlipidemia in rats. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, p. 331-337, 2012.

PARK, Sang Hyun et al. *Salicornia herbacea* prevents high fat diet-induced hyperglycemia and hyperlipidemia in ICR mice. **Archives of Pharmacal Research**, v. 29, p. 256-264, 2006.

PATEL, Seema. *Salicornia*: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. **3 Biotech**, v. 6, n. 1, p. 104, 2016.

PENTEADO, Guilherme Mora et al. *Salicornia* como um substituto ao sal na hipertensão induzida por obesidade: uma revisão integrativa. **Global Academic Nursing Journal**, v. 3, n. 3, p. e266-e266, 2022.

- POLAT, Ridvan; SATIL, Fatih. An ethnobotanical survey of medicinal plants in Edremit Gulf (Balıkesir–Turkey). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 139, n. 2, p. 626-641, 2012.
- QADIR, Manzoor et al. Economics of salt-induced land degradation and restoration. In: **Natural resources forum**. 2014. p. 282-295.
- QASIM, M. et al. Antioxidant properties, phenolic composition, bioactive compounds and nutritive value of medicinal halophytes commonly used as herbal teas. **South African Journal of Botany**, v. 110, p. 240-250, 2017.
- RAHMAN, Md Mahbubur et al. Desalted *Salicornia europaea* powder and its active constituent, trans-ferulic acid, exert anti-obesity effects by suppressing adipogenic-related factors. **Pharmaceutical biology**, v. 56, n. 1, p. 183-191, 2018.
- RAHMANI, Rami et al. Biochemical composition and biological activities of *Salicornia europaea* L. from southern Tunisia. **Journal of Food Measurement and Characterization**, p. 1-14, 2022.
- REIS, Ane Teles et al. Crescimento e germinação de sementes de biótipos de *Salicornia neei* Lag. adaptadas às condições do semiárido Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 75721-75735, 2020.
- RHEE, Man Hee et al. *Salicornia herbacea*: Botanical, chemical and pharmacological review of halophyte marsh plant. **J. Med. Plants Res**, v. 3, n. 8, p. 548-555, 2009.
- ROZEMA, Jelte; SCHAT, Henk. Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 83-95, 2013.
- SALAZAR, Miguel et al. Sobrevivência e desenvolvimento de salicornia e sarcocornia em transplantes na reserva natural do sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António. **Survival and development of salicornia and sarcocornia in transplants in the natural reserve of sapal de Castro Marim and Vila Real de Santo António**.] presented at **STUDIA: Suplemento Temático IV. Seminário Luso-Brasileiro em Ciências do Ambiente e Empresariais**, 2013.
- SANDE, Denise et al. Production of omega 3, 6, and 9 fatty acids from hydrolysis of vegetable oils and animal fat with *Colletotrichum gloeosporioides* lipase. **Food science and biotechnology**, v. 27, p. 537-545, 2018.
- SANTOS, Vinicius de Jesus da Silva. Plantas alimentícias não convencionais do recôncavo baiano-benefícios nutricionais e emprego na alimentação humana: uma revisão de literatura. 2022.
- SEBRANEK, J. G. et al. Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. **Meat Science**, v. 92, n. 3, p. 267-273, 2012.
- SHPIGEL, M. et al. Constructed wetland with *Salicornia* as a biofilter for mariculture effluents. **Aquaculture**, v. 412, p. 52-63, 2013.
- SINGH, Devesh et al. *Salicornia* as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. **AoB plants**, v. 6, 2014.
- SOUZA, MANUEL M. et al. Free phenolic compounds extraction from Brazilian halophytes, soybean and rice bran by ultrasound-assisted and orbital shaker methods. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 3363-3372, 2018.

Lima, S.H.P de. Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação...

TAVARES, Ana; BRÁS, Isabel; SILVA, Maria Elisabete. Valorização de produtos alimentares sazonais Parte I: caracterização físico-química de framboesa, mirtilo e salicórnica fresca cultivada em Portugal. **Millenium-Journal of Education, Technologies, and Health**, n. 7e, p. 143-149, 2020.

THOMAZI, Rafael D. et al. Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. **CEP**, v. 29102, p. 770, 2013.

VENTURA, Yvonne et al. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. **Scientia Horticulturae**, v. 128, n. 3, p. 189-196, 2011.

VENTURA, Yvonne et al. Effects of day length on flowering and yield production of *Salicornia* and *Sarcocornia* species. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 3, p. 510-516, 2011.

VENTURA, Yvonne; SAGI, Moshe. Halophyte crop cultivation: the case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 144-153, 2013.

WANG, Qi-zhi et al. Two new nortriterpenoid saponins from *Salicornia bigelovii* Torr. and their cytotoxic activity. **Fitoterapia**, v. 83, n. 4, p. 742-749, 2012.

WANG, Xin et al. A comparative metabolomics analysis of the halophyte *Suaeda salsa* and *Salicornia europaea*. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 43, p. 1109-1122, 2021.

WEBB, J. M. et al. Halophyte filter beds for treatment of saline wastewater from aquaculture. **Water research**, v. 46, n. 16, p. 5102-5114, 2012.

WILLADINO, Lilia; CAMARA, Terezinha. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

WITTE, Sarah et al. Impact of pedological conditions on the distribution of *Salicornia* species (Southern North Sea coast). **Journal of Coastal Conservation**, v. 22, p. 79-85, 2018.

YU, Xiao Hong et al. Study on antibacterial and antioxidant activities of *Salicornia herbacea* extracts. In: **Advanced Materials Research**. Trans Tech Publications Ltd, 2012. p. 47-50.

CAPÍTULO II

Localização Histoquímica e Potencial Antioxidante de Lipídios Isolados da Raiz, Caule e Folha de *Salicornia neei* Lag.

Salatiel Henrique Pereira de Lima¹

Uiara Maria B. L. Lins²

Rosileide F. S. Andrade³

Adriana Ferreira Souza⁴

Josimar Gurgel Fernandes⁵

Galba Maria de Campos-Takaki⁶

¹ ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-0398>, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP); Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais, NPCIAMB, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP).

² ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6007-9932>, Doutorado Renorbio, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE);

³ ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8526-554X>, Escola de Saúde e Ciências Biológicas, NPCIAMB, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP);

⁴ ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9527-2206>, Núcleo de Pesquisas em Ciências Ambientais e Biotecnologia- (NPCIAMB), Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP);

⁵ ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0704-0668>, Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA);

⁶ ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0519-0849>, Escola Icam Tech, NPCIAMB, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). *Autor correspondente email: galba.takaki@unicap.br.

ABSTRACT

Investigations were carried out with the *Salicornia neei* Lag plant, evaluating the biotechnological potential in the synthesis of lipids, starting with the histochemical location in the tissues of the stem and leaf structures, observing the intense coloration of the oil droplets present in the cells, which were stained black or dark blue, in both structures. In this study, the content of total lipids were evaluated, in addition to evaluating their potential to antioxidant activities. The total lipids of the root and leaf showed higher values corresponding to approximately 10,06% and 5.67%, respectively, and the stem 3.07%.

Keywords: Halophyte. Lipids. Active biomolecules. Antioxidant action.

1. Introdução

O estudo das plantas há muitos anos apresenta grande relevância como fonte de alimentos, remédios caseiros ou medicamentos e são baseados em compostos bioativos, que ocorrem naturalmente. Além de muitas plantas serem consideradas importantes para nutrição humana, considerando o elevado teor de vitaminas e minerais, que confere grande valor econômico a determinadas espécies. Contudo, grandes problemas vêm ocorrendo devido a degradação contínua de terras agrícolas por salinização devido à diminuição da água doce e águas subterrâneas (MUNNS e TESTER, 2008; PANTA et al., 2014; QADIR et al., 2014).

A salinização de solos agrícolas, ocasionada por fatores naturais e antrópicos, vem restringindo à produtividade agrícola em todo o mundo, tornando-se um desafio para a segurança alimentar global e para a sustentabilidade ambiental. Estima-se, que a salinização do solo no mundo alcance 1,125 bilhão de hectares, afetando 76 milhões de hectares por atividades antrópicas (MUKHOPADHYAY et al., 2021; ABOELSOUD et al., 2022; SPARKS et al., 2023).

Espécies de *Salicornia* (Chenopodiaceae, Salicornioideae) são plantas halófitas, suculentas que respondem ao estresse salino com adaptações anatômicas, fisiológicas e metabólicas. Espécies da família Chenopodiaceae apresentam em sua composição um elevado teor de minerais, polifenóis, ácidos graxos e outros compostos bioativos, sendo atrativas e com várias aplicações industriais (BOSCAIU et al., 2013; SÁNCHEZ-GAVILÁN et al., 2021). O consumo humano dessas halófitas proporciona em inúmeros benefícios à saúde, como estímulos às respostas imunes, proteção contra o estresse oxidativo e prevenção da obesidade. (PATEL, 2016; RAHMAN et al., 2018).

Espécies de *Salicornia* são consideradas oleaginosas com composição de ácidos graxos semelhante a outros óleos vegetais comestíveis comuns (GOUDA e ELSEBAIE, 2016; PENTEADO et al., 2022; COELHO et al., 2021). Sementes de *Salicornia* spp. produzem um percentual de 28% de ácidos graxos (ANWAR et al., 2002). Os ácidos graxos são compostos bioativos presentes no gênero *Salicornia*, principalmente no caule e em suas sementes. Algumas espécies são estudadas como fonte de ácido linoléico e ácido oleico (LOCONSOLE et al., 2019; SÁNCHEZ-GAVILÁN et al., 2021).

O uso de substâncias naturais vem sendo adotado como importante recurso para saúde, além de tornar-se mais popular, em especial, a recuperação de antioxidantes, minerais, pigmentos, polímeros e óleos de matrizes vegetais frescas e subprodutos agroindustriais. Outras moléculas como nutracêuticos, obtidos principalmente, a partir de extratos de plantas alimentícias encontram grande sucesso devido a seus benefícios nutricionais e funcionais propriedades (PATEL, 2016; BAJWA et al., 2023).

Salicornia neei é uma espécie nativa sul-americana, oriundas de solos naturalmente salinos (ALVES et al., 2020), que vem sendo empregada na alimentação, devido suas propriedades bioativas e seu elevado teor nutritivo (RIQUELME et al., 2016; DE SOUZA et al., 2018).

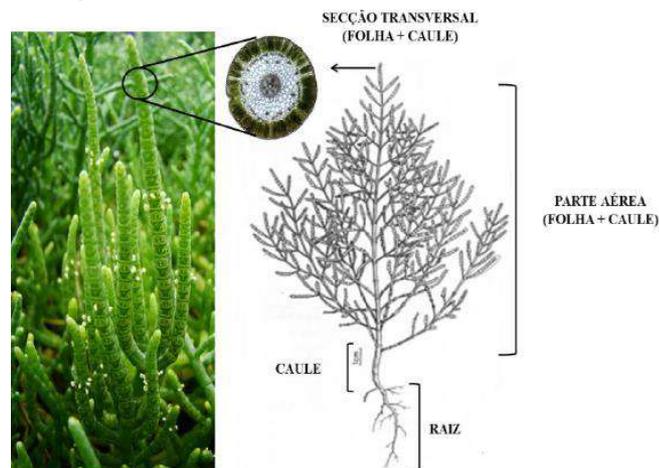
Considerando a necessidade de ampliar os conhecimentos em *Salicornia neei* investigações foram realizadas visando a localização histoquímica de lipídios em diferentes partes da planta, além de avaliar a atividade antioxidante dos lipídios, como biomoléculas viáveis e eficientes. E ainda, a ampliação dos estudos biotecnológicos com *Salicornia neei* possibilitam o conhecimento do potencial de aplicação futura nas indústrias alimentícia e ou farmacêutica.

2. Materiais e Métodos

2.1 Material botânico: *Salicornia neei* Lag

A *Salicornia neei* com 90 dias de crescimento foi coletada em casa de vegetação na sede do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco. As mudas da suculenta foram lavadas em água corrente e destilada, e posteriormente, separadas em partes do caule e folhas, cortadas em pedaços de 8 a 10 cm. O gênero *Salicornia*, antes era confundido com o gênero *Sarcocornia*, porém, a *Salicornia* apresenta características (Figura 1) como: caules esponjosos com escalas, e suas folhas, flores e frutos são discretos. Já o gênero *Sarcocornia* é apresentado com as seguintes características: plantas perenes, ramificadas, com ramos prostrado-ascendente, cuja altura varia de acordo com a espécie, mas geralmente, não é maior que 70 cm (PATEL, 2016).

Figura 1 – Característica da *Salicornia neei* Lag.



2.2 Localização histoquímica de lipídios em *Salicornia neei*

A localização dos lipídeos em *Salicornia neei*, foi realizada de acordo com o método descrito por Sheehan e Storey (1947), modificado. Cortes transversais de aproximadamente 1 mm de espessura do caule

Lima, S.H.P de. Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação...

e folha da *S. neei* fresca foram fixados na lâmina com glicerina tamponada e observadas por microscopia óptica. As gotículas de óleos presentes nas células foram coradas de preto ou azul escuro.

2.3 Extração dos lipídios totais

Amostras frescas de caule e folha de *Salicornia neei* foram submetidas a extração de lipídeos totais de acordo com a metodologia descrita por Manocha et al., (1980). As partes da planta foram submetidas a extrações sucessivas com um sistema de solvente clorofórmio: metanol (2:1; 1:1; 1:2 v/v). Ao final, os extratos de cada parte da planta foram reunidos e, após a evaporação total as amostras foram colocadas em dessecador até peso constante. O rendimento de lipídeos totais presentes nas amostras foi quantificado por gravimetria e expresso como porcentagem usando a equação 1.

$$\text{Lipídeos (\%)} = \frac{P_2 - P_1}{M_1} \cdot 100 \quad (\text{equação 1})$$

P_2 (Peso final)
 P_1 (Peso inicial)
 M_1 (Peso da amostra)

2.4 Avaliação da atividade antioxidante

Para a avaliação da capacidade antioxidante foi empregado o método colorimétrico do DPPH (2,2-di-fenil-1-picril-hidrazil), segundo metodologia descrita por BRAND-WILLIAMS et al. (1995) modificada por SÁNCHEZ-MORENO et al. (1998), em que foram analisadas as frações dos extratos do caule e folha da *Salicornia neei* em diferentes concentrações diluídas em metanol (3,83; 1,91; 0,95 mg/mL). Em ambiente escuro, 2,5 mL de cada concentração da amostra foi adicionado 1,0 mL da solução de metanol contendo o radical oxidante DPPH, numa concentração 0,18 mM. E após um período de reação de 30 minutos as amostras foram lidas em espectrofotômetro a 515 nm. A inibição percentual foi calculada através da seguinte equação:

Equação (2)

$$\% \text{ DPPH} = \frac{(A_c - A_s)}{A_c} \times 100$$

Ac: absorbância controle

As: absorbância da amostra

3. Resultados e discussão

As investigações realizadas com *Salicornia neei* demonstraram o potencial da síntese de lipídios na raiz, seguido do caule e folha da planta halófito, sendo a primeira vez que é evidenciado por histoquímica, considerando as informações da literatura. A literatura se refere a lipídios em outras espécies de *Salicornia* na maioria dirigido para lipídios em sementes (EL-MALLAH et al., 1994; BASHAN et al., 2000; EGANATHAN et al., 2006; ELSEBAIE et al., 2013).

3.1 Detecção de lipídios em *Salicornia neei*

O caule (Figuras 2A e 2B), folha (Fig. 2C e 2D) e Fig 2 E (raiz) apresentaram reações positivas com o corante Sudan Black, comprovando a presença de lipídios em todas as estruturas, destacando-se a Figura 2E, da raiz com maior quantidade. A sensibilidade do método histoquímico com Sudan Black foi descrita por Shepherd et al., (2005) utilizando o corante para detectar lipídios em embriões e sementes de várias espécies de Chenopodiaceae, incluindo outras espécies do gênero *Salicornia*. No entanto, reações positivas foram apenas observadas em embriões de *Sarcocornia perennis* e *Allenrolfea occidentalis*, não sendo observado corpos lipídicos reativos nas sementes de *Salicornia bigelovii*, *S. europaea* e de *S. bigelovii*. Os autores sugeriram que a idade da semente ou a forma dos lipídios são fatores determinantes para a reação positiva com o corante. No entanto, os lipídios continuam sendo uma das classes mais enigmáticas de moléculas biológicas, segundo Flores et al. (2020).

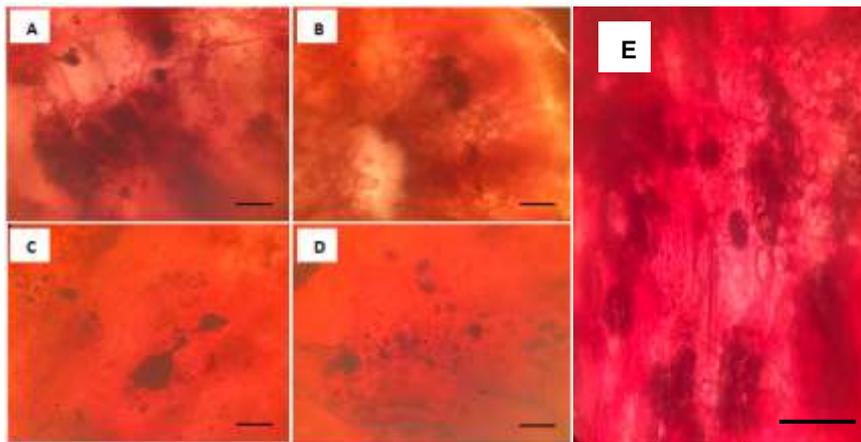


Figura 2. Cortes transversais mostrando as camadas celulares da *Salicornia neei* L. coradas com Sudan Black em (A) corpos lipídicos corados em azul escuro no parênquima do caule; (B) corpos lipídicos corados em azul próximos ao feixe vascular do caule; (C) grandes corpos lipídicos corados em azul em células parenquimatosas da folha, (D) pequenos corpos lipídicos corados em azul em células da folha e (E) grandes quantidades de corpos lipídicos na raiz corados em azul. Escalas: 50 μ m.

3.2 Teor de lipídios totais em *Salicornia neei*

Os teores de lipídios apresentados em folhas de *Salicornia neei* Lag foram mais elevados correspondendo a 56,40 mg/g de planta, em comparação ao caule (30,40mg/g) (Tabela 1).

No entanto, para Min et al. (2002) em *S. herbacea* L. o teor de lipídios foi maior no caule (0,3%) e na raiz (0,3%), enquanto a folha, apresentou uma fração menor (0,2%). Lu e al., (2010) ao analisarem as pontas dos galhos da *Salicornia bigelovii* obtiveram um conteúdo lipídico muito baixo (0.37mg/g).

Segundo Turki (1999) várias espécies de *Salsola*, suculenta da família Chenopodiaceae, coletadas no herbário da Universidade de Menoufia localizada no Egito e na escola secundária de Kassel na Alemanha, apresentam teores lipídicos inferiores às folhas da *S. neei*. O autor demonstrou ainda teores menores de lipídios em *S. schvinjiirrhii* (15.3 mg/g) e produzido pela espécie *S. longifolia* (32.2 mg/g). Resultados semelhantes foram obtidos por Ahmed et al. (2022), em que espécies da mesma família, *Arthrocnemum macrostachyum* Moric e *Kochia indica* Wight produziram 56,42 mg/g e 32,18 mg/g, respectivamente.

Tabela 1. Teor de lipídios totais de folha, caule e raiz de *Salicornia neei*

Parte da Planta	Massa (mg/g)	Percentual (%)
Folha	56,40	5,64
Caule	30,70	3,07
Raiz	100,06	10,06

Fonte: Autoria própria (2023).

3.3 Análise quantitativa e qualitativa da atividade antioxidante

Diversos estudos relatam a atividade antioxidante relacionada a extratos fenólicos, alcalóides, flavonóides e terpenóides de plantas halófitas do gênero *Salicornia*. Além da relevância culinária, atributos medicinais como imunomodulador, hipolipemiante, antiproliferativo, osteoprotetor e hipoglicêmico, tornam essa planta menos conhecida do pântano e mais significativa para estudos fitoquímicos (PATEL, 2016).

A tabela 2. apresenta os valores de atividade antioxidante quantitativa e qualitativa dos lipídios de folha, caule e raiz da planta *Salicornia neei*. A folha atingiu seu valor máximo (51,65) na concentração

(0,95mg). No caso, do caule, a atividade antioxidante que atingiu valor máximo de 85,47%) também estava na concentração mínima (0,95mg) de lipídios. No entanto, os valores mais elevados foram 97,01 %, observados na raiz na concentração 1,91mg de lipídios, e 88,83% na concentração 3,88mg de lipídios, respectivamente. Entretanto, em relação à *Salicornia neei* não existem relatos de estudos de atividade antioxidante com extratos lipídicos. Estudos realizados avaliando a estabilidade da atividade antioxidante em óleos extraídos de sementes de *Salicornia herbacea* demonstraram que o óleo continha altos níveis de α -tocoferol (249,2 mg/kg de óleo). A literatura relata que, a vitamina E (α -tocoferol, α -Toc) é o principal antioxidante lipossolúvel de membranas biológicas e lipoproteínas. De acordo com sua função antioxidante, aglomerados de α -Toc têm sido associados a microdomínios de membrana enriquecidos em fosfolipídios altamente insaturados oxidáveis. Essas informações sugerem que os lipídios extraídos de partes da planta *Salicornia neei* possam também apresentar elevados níveis de α -tocoferol, possibilitando estudos futuros.

Tabela 2. Atividade antioxidante nos extratos lipídicos de *Salicornia neei*

CONCENTRAÇÃO DE LÍPIDIOS (mg)	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (%)		
	Folha	Caule	Raiz
0,95	51,65	85,47	57,46
1,91	39,21	37,13	97,01
3,88	4,35	7,88	88,83

4. Conclusões

A localização histoquímica dos lipídios na raiz, no caule e folha demonstraram o acúmulo de lipídios, sendo evidenciado pela primeira vez na planta halófitas *Salicornia neei*. O conteúdo de lipídios totais apresentou coerência com a localização histoquímica, sendo a raiz o local com maior conteúdo, seguido de caule e folha.

Destaca-se que os lipídios de *Salicornia neei* também demonstraram sendo avaliados pela primeira vez potencial antioxidante dos óleos de folha e caule, evidenciando perspectivas futuras para aplicações futuras nas indústrias de alimentos e ou farmacêutica.

Agradecimentos

This work was supported by FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco) S. H.P.L. Process No. IBPG- 1583-3.00/21; CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) G.M.C.T Process No. 312241/2022-4, and CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) Pró-Equipamentos CAPES No. 11/2014. The authors also thank the Nucleus

Lima, S.H.P de. Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação...

for Research in Environmental Sciences and Biotechnology (NPCIAMB) at UNICAP, for the use of laboratories and equipment.

Referências

ABOELSOU, Hesham M. et al. Quantitative Estimation of Saline-Soil Amelioration Using Remote-Sensing Indices in Arid Land for Better Management. **Land**, v. 11, n. 7, p. 1041, 2022.

AGBO, Onah Francis; ANDERSON, John C.; SINGH, Bharat. Lipid oxidation of edible peanut pastes during storage with variation of environmental and processing factors. **Peanut Science**, v. 19, n. 2, p. 101-105, 1992.

AHMED, Fatma A. et al. Phytochemical Investigation, HPLC Analysis and Antimicrobial Activity of Some Plants from Chenopodiaceae Family. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. Botany**, v. 13, n. 1, p. 13-24, 2022.

ALVES, Paulo Ricardo et al. Solutos orgânicos e inorgânicos em *Salicornia neei* Lag. sob lâminas de irrigação e adubação no semiárido cearense. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 4, p. 360-367, 2020.

ANWAR, Farooq et al. Analytical characterization of *Salicornia bigelovii* seed oil cultivated in Pakistan. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 15, p. 4210-4214, 2002.

BAJWA, Muhammad Naeem et al. Efeito de luzes monocromáticas de amplo espectro no crescimento, fitoquímica, nutracêuticos e potencial antioxidante de culturas in vitro de calos de *Moringa oleifera*. **Moléculas**, v. 28, n. 3, pág. 1497, 2023.

BARRY, A. L. Susceptibility tests: diffusion test procedure. **Manual of clinical microbiology**, p. 978-987, 1985.

BASHAN, Y.; MORENO, M.; TROYO, E. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. **Biology and Fertility of Soils**, v. 32, p. 265-272, 2000.

BOSCAIU, Monica et al. Proline as a biochemical marker in relation to the ecology of two halophytic *Juncus* species. **Journal of Plant Ecology**, v. 6, n. 2, p. 177-186, 2013.

CHANDRASEKARAN, Manivachagam; KANNATHASAN, Krishnan; VENKATESALU, Venugopalan. Antimicrobial activity of fatty acid methyl esters of some members of Chenopodiaceae. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 63, n. 5-6, p. 331-336, 2008.

COELHO, Amanda Rosa; ANSILIERO, Andressa; FOPPA, Talize. AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E SENSORIAL DA SARCOCÓRNIA AMBIGUA USO EM POPULAÇÃO HIPERTENSA. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2021.

DE SOUZA, Manuel M. et al. Growth, phenolics, photosynthetic pigments, and antioxidant response of two new genotypes of sea asparagus (*Salicornia neei* Lag.) to salinity under greenhouse and field conditions. **Agriculture**, v. 8, n. 7, p. 115, 2018.

Lima, S.H.P de. Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação...

DUNLAP, KR ua; PERRY, J. J. Effect of substrate on the fatty acid composition of hydrocarbon-utilizing microorganisms. **Journal of Bacteriology**, v. 94, n. 6, p. 1919-1923, 1967.

EGANATHAN, P. et al. Oil analysis in seeds of *Salicornia brachiata*. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 2, p. 177-179, 2006.

EL-MALLAH, M. Hassan; TURUI, T.; EL-SHAMI, S. Estudos detalhados sobre o óleo da semente de *Salicornia SOS-7* cultivada na fronteira egípcia do Mar Vermelho. **Grasas y Aceites**, v. 45, n. 6, pág. 3859-389, 1994.

ELSEBAIE, E. M. et al. Oil and fatty acids composition in glasswort (*Salicornia fruticosa*) seeds. **J. App. Chem**, v. 4, p. 2278-5736, 2013.

FLORES, J.; WHITE, B. M.; BREA, R.J.; BASKIN, J.M. and Devaraj, N.K. Lipids: chemical tools for their synthesis, modification, and analysis. *Chem. Soc. Rev.*, v.49, n14, p.4602-4614, 2020.

FOIDL, N. et al. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. **Bioresource technology**, v. 58, n. 1, p. 77-82, 1996.

GOUDA, M. S.; ELSEBAIE, E. M. Glasswort (*Salicornia* spp) as a source of bioactive compounds and its health benefits: a review. **Alex J Fd Sci Technol**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2016.

IBEMESI, J. A. Potential of melon seed oil in development of alkyd resin. **NJ Sci**, v. 27, p. 299-304, 1993.

KAMEL, BS; KAKUDA, Y. Caracterização do óleo e farelo de semente de damasco, cereja, nectarina, pêsego e ameixa. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 69, p. 492-494, 1992.

LOCONSOLE, Danilo et al. Halophyte common ice plants: A future solution to arable land salinization. **Sustainability**, v. 11, n. 21, p. 6076, 2019.

LU, Donghe et al. Nutritional characterization and changes in quality of *Salicornia bigelovii* Torr. during storage. **LWT-Food Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 519-524, 2010.

MANOCHA, M. S.; SAN-BLAS, G.; CENTENO, Sonia. Lipid composition of *Paracoccidioides brasiliensis*: possible correlation with virulence of different strains. **Microbiology**, v. 117, n. 1, p. 147-154, 1980.

MIN, Jin-Gi et al. Chemical Composition of *Salicornia Herbacea* L. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 7, n. 1, p. 105-107, 2002.

MUKHOPADHYAY, Raj et al. Salinidade do solo sob mudanças climáticas: desafios para agricultura sustentável e segurança alimentar. **Journal of Environmental Management**, v. 280, p. 111736, 2021.

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008.

NOUREDDINI, Hossein; TEOH, B. C.; DAVIS CLEMENTS, L. Viscosities of vegetable oils and fatty acids. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 69, n. 12, p. 1189-1191, 1992.

Lima, S.H.P de. Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação...

PANTA, Suresh et al. Halophyte agriculture: Success stories. **Environmental and experimental botany**, v. 107, p. 71-83, 2014.

PATEL, Seema. Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. **3 Biotech**, v. 6, n. 1, p. 104, 2016.

PENTEADO, Guilherme Mora et al. Salicornia como um substituto ao sal na hipertensão induzida por obesidade: uma revisão integrativa. **Global Academic Nursing Journal**, v. 3, n. 3, p. e266-e266, 2022.

QADIR, Manzoor et al. Economics of salt-induced land degradation and restoration. In: **Natural resources forum**. p. 282-295, 2014.

RAHMAN, Md Mahbubur et al. Desalted *Salicornia europaea* powder and its active constituent, trans-ferulic acid, exert anti-obesity effects by suppressing adipogenic-related factors. **Pharmaceutical biology**, v. 56, n. 1, p. 183-191, 2018.

RIQUELME, Javiera et al. Nutritional and functional characterization of wild and cultivated *Sarcocornia neei* grown in Chile. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, v. 43, n. 2, p. 283-293, 2016.

SÁNCHEZ-GAVILÁN, Irene et al. On the elemental composition of the Mediterranean euhalophyte *Salicornia patula* Duval-Jouve (Chenopodiaceae) from saline habitats in Spain (Huelva, Toledo and Zamora). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 2719-2727, 2021.

SHEEHAN, HL; STOREY, GW Um método melhorado de coloração de grânulos de leucócitos com Sudan black B. **The Journal of pathology and bacteriology**, v. 59, n. 1-2, p. 336-337, 1947.

SHEPHERD, K. A.; MACFARLANE, T. D.; COLMER, T. D. Morphology, anatomy and histochemistry of *Salicornioideae* (Chenopodiaceae) fruits and seeds. **Annals of Botany**, v. 95, n. 6, p. 917-933, 2005.

SPARKS, Donald L.; SINGH, Balwant; SIEBECKER, Matthew G. **Química ambiental do solo**. Elsevier, 2023.

TURKI, Z. A. Chemotaxonomical studies of the genus *Salsola* (Chenopodiaceae) in Egypt. **Feddes Repertorium**, v. 110, n. 1-2, p. 81-87, 1999.



DECLARAÇÃO DE ACEITE

O manuscrito "Localização Histoquímica e Potencial Antioxidante de Lipídios da Raiz, Caule e Folha de *Salicornia neei* Lag", foi aceito para publicação no ebook Development and its applications in scientific knowledge ISBN nº 978-65-84976-28-3 este ebook é editado pela Seven Publicações LTDA, CNPJ: 43.789.355/0001-14.

Sendo o mesmo de autoria:

Salatiel Henrique Pereira de Lima¹; Uiara Maria B. L. Lins²; Rosileide F. S. Andrade³; Adriana Ferreira Souza⁴; Josimar Gurgel Fernandes⁵ and Galba Maria de Campos-Takaki⁶

José dos Pinhais, 20 de Março de 2023. BRAZIL

Nathan Albano Valente
Editor de Redação

CAPÍTULO III



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2023 004053 5

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 10847721000195

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Rua do Príncipe, 526 - Boa Vista

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 50050-900

País: Brasil

Telefone: 81 21194088

Fax:

Email: propesp@unicap.br

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 03/03/2023 às 15:06, Petição 870230018455

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)**Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):** LIPÍDIOS DE SALICORNIA NEEI COM POTENCIAL TERAPÊUTICO**Resumo:** O presente pedido de patente se refere ao processo desenvolvido para obtenção de lipídios em raiz, caule e folha de *Salicornia neei* Lag. O aspargo marinho *Salicornia neei* Laq (sinonímia de *Salicornia gaudichaudiana* Moq., é uma halófito perene, pertencente à flora brasileira e tolera vários níveis de salinidade. Os lipídios totais de *Salicornia neei* apresentam na constituição biomoléculas com pH 5 (caule e folha) e 5,5 (raiz), com cargas aniônica e catiônica, respectivamente. Com relação à atividade antimicrobiana os lipídios do caule apresentaram atividade contra *Pseudomonas aeruginosa*, da folha foi ativo contra *Bacillus subtilis*. E ainda, os lipídios de caule e folha apresentaram elevada atividade para *Candida albicans*, *C. guilliermondii* e *C. tropicalis*, destacando-se também lipídios isolados da raiz de *Salicornia neei* com ampla ação contra a levedura patógena *C. albicans*. A atividade antimicrobiana observada nos extratos de folha, caule e raiz da halófito *S. neei*, indicam perspectivas futuras na aplicação dos óleos na prevenção ou tratamento infecções bacterianas e ou fúngicas. Os processos desenvolvidos com obtenção desses lipídios com ampla atividade antimicrobiana a partir da halófito extremófila demonstram a sua aplicabilidade como um candidato para a área farmacêutica. E ainda, a atividade como antibacteriano e antifúngico, separadamente, contribuem para as tecnologias verde, ecologicamente correta e sustentáveis, oferecendo biomoléculas ativas para indústria farmacêutica e ou para a área de cosméticos.**Figura a publicar:** 1

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 6**Nome:** SALATIEL HENRIQUE PEREIRA DE LIMA**CPF:** 06861322466**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Estudante de Pós Graduação**Endereço:** Rua Massaranduba, 200 – Alto do Mandu**Cidade:** Recife**Estado:** PE**CEP:** 52071-125**País:** BRASIL**Telefone:** (81) 984 880451**Fax:****Email:****Inventor 2 de 6****Nome:** CAMILA FREIRE DE MELO**CPF:** 08087690494**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Estudante de Pós Graduação**Endereço:** Avenida Beberibe, 2530, Apt 102, Água-fria**Cidade:** Recife**Estado:** PE**CEP:****País:** BRASIL**Telefone:** (81) 999 683384**Fax:****Email:****Inventor 3 de 6**

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 03/03/2023 às 15:06, Petição 870230018455

Nome: ROSILEIDE FONTENELE DA SILVA ANDRADE

CPF: 05163409484

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Rua Marechal Deodoro, 340, Encruzilhada

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP:

País: BRASIL

Telefone: (81) 997 293847

Fax:

Email:

Inventor 4 de 6

Nome: ADRIANA FERREIRA DE SOUZA

CPF: 07038292463

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: Rua Frei Teófilo de Virgolleta, 282

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP:

País: BRASIL

Telefone: (81) 996 818796

Fax:

Email:

Inventor 5 de 6

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 03/03/2023 às 15:06, Petição 870230018455

Nome: JOSIMAR GURGEL FERNANDES

CPF: 04347442475

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: Rua Dona Inês Correia de Araújo, 156 AP 907 bl A, Caxangá

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 50800-220

País: BRASIL

Telefone: (81) 996 550505

Fax:

Email:

Inventor 6 de 6

Nome: GALBA MARIA DE CAMPOS TAKAKI

CPF: 00250155400

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Rua Guerra de Holanda 161, apto.201- Poço

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 52061-015

País: BRASIL

Telefone: (81) 988 574447

Fax:

Email:

TABELAS

Tabela 1 – Conteúdo de lipídios totais *Salicornia neei* Lag.

PARTES DA PLANTA HALÓFITA	mg/g DE BIOMASSA VEGETAL
Raiz	100,0
Caule	56,40
Folha	32,70

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 2 – Ação antimicrobiana dos lipídios da raiz, caule e folha em bactérias e leveduras

Extratos da <i>Salicornia neei</i> L.	<i>Candida albicans</i> UCP 0993 (mm)	<i>C. guillermondii</i> UCP 1592 (mm)	<i>C. tropicalis</i> UCP 0996 (mm)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> UCP 1559(mm)	<i>Bacillus subtilis</i> UCP 1593(mm)
Caule	24	18	18	12	-
Folha	24	18	12	-	12
Raiz	24	-	12	-	-

Atividade negativa (-). **Fonte:** Autoria própria (2023).

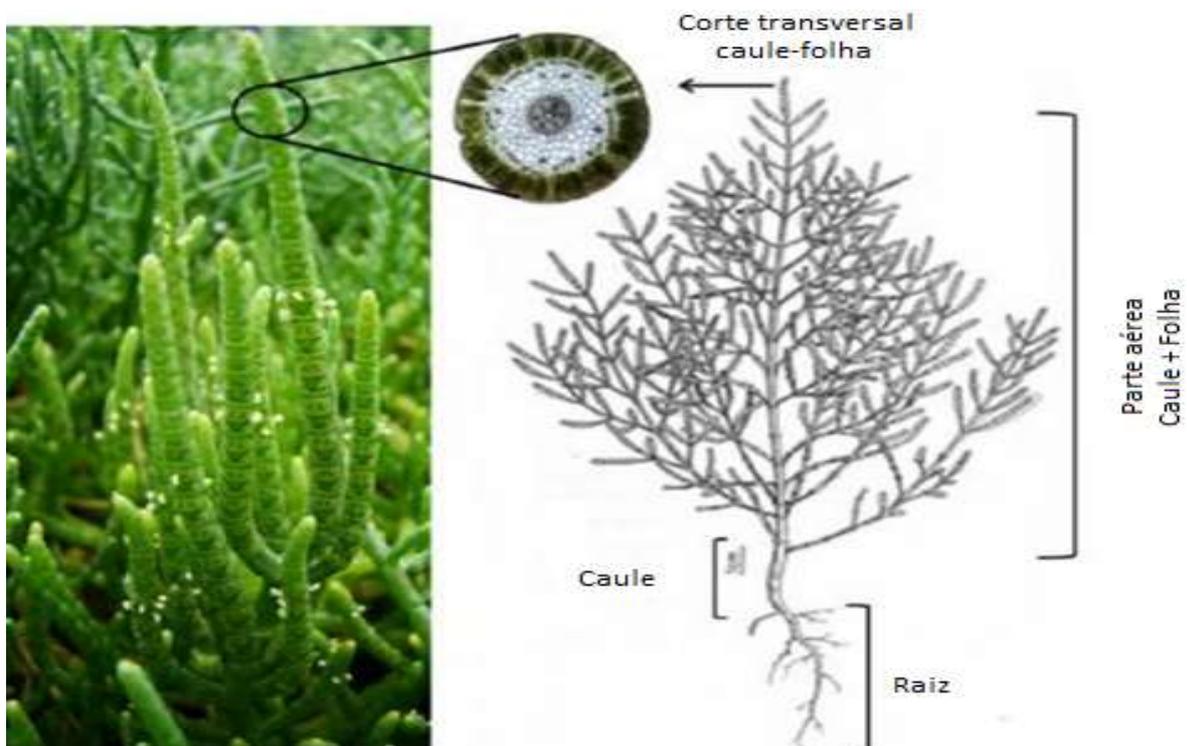
DESENHOS

Figura 1 - Todas as estruturas da planta colhida para o desenvolvimento do estudo



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 2 - Característica da *Salicornia neei* Lag.



Fonte: Bertin (2014).

CAPÍTULO IV



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2023 003961 8

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 10847721000195

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Rua do Príncipe, 526 - Boa Vista

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 50050-900

País: Brasil

Telefone: 81 21194088

Fax:

Email: propesp@unicap.br

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 02/03/2023 às 15:30, Petição 870230017952

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): LIPÍDIOS DE PLANTA HALÓFITA COM APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEL HÍBRIDO

Resumo: O presente pedido de patente se refere aos lipídios totais ds raiz, caule e folha isolados da planta *Salicornia neei* Lag, que apresentam diferentes viscosidades, demonstrando potencial para o desenvolvimento de biocombustível híbrido. A *Salicornia neei* ocorre no Brasil, como planta halófito que vêm crescendo com o uso de elevadas concentrações de sal ou em solos salinos. Os óleos vegetais vêm se tornando importantes bioprodutos, não só pela produção e aplicação em alimentos, bem como, materiais brutos aplicados em grande variedade de segmentos industriais, como biocombustível. Contudo, as aplicações com óleos requerem amplas investigações sobre a viscosidade, considerando as distintas formas de uso. E ainda, a propriedade viscosidade está relacionada temperatura à velocidade, como parâmetros importantes para conhecer as possibilidades de aplicações dos óleos de *Salicornia neei*. O maior destaque foi para o óleo do caule, apresentaram 85,9% de viscosidade, em ambas as velocidades testadas (50 e 100rpm), apresentando resultados promissores com indicação para aplicação futura no desenvolvimento de biocombustíveis híbridos, livre de surfactantes.

Figura a publicar: 1

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 4**Nome:** SALATIEL HENRIQUE PEREIRA DE LIMA**CPF:** 06861322466**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Estudante de Pós Graduação**Endereço:** Rua Massaranduba, 200 – Alto do Mandu**Cidade:** Recife**Estado:** PE**CEP:** 52071-125**País:** BRASIL**Telefone:** (81) 984 880451**Fax:****Email:****Inventor 2 de 4****Nome:** ROSILEIDE FONTENELE DA SILVA ANDRADE**CPF:** 05163409484**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Professor do ensino superior**Endereço:** Rua Marechal Deodoro, 340, Encruzilhada**Cidade:** Recife**Estado:** PE**CEP:****País:** BRASIL**Telefone:** (81) 997 293847**Fax:****Email:****Inventor 3 de 4**

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 02/03/2023 às 15:30, Petição 870230017952

Nome: JOSIMAR GURGEL FERNANDES

CPF: 04347442475

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: Rua Dona Inês Correia de Araújo, 156 AP 907 bl A, Caxangá

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 50800-220

País: BRASIL

Telefone: (81) 996 550505

Fax:

Email:

Inventor 4 de 4

Nome: GALBA MARIA DE CAMPOS TAKAKI

CPF: 00250155400

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Rua Guerra de Holanda 161, apto.201- Poço

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 52061-015

País: BRASIL

Telefone: (81) 988 574447

Fax:

Email:

TABELAS

Tabela 1 - Viscosidade dos lipídios/óleos de *Salicornia neei* avaliados à temperatura de 27,40° C e velocidade de agitação a 50 rpm

Lipídios/Óleos <i>Salicornia neei</i>	Centipoise (cP)	Percentual (%)
Raiz	46.7	71.4
Caule	56.2	85.9
Folha	49.9	76.30

Fonte: Aatoria própria (2023).

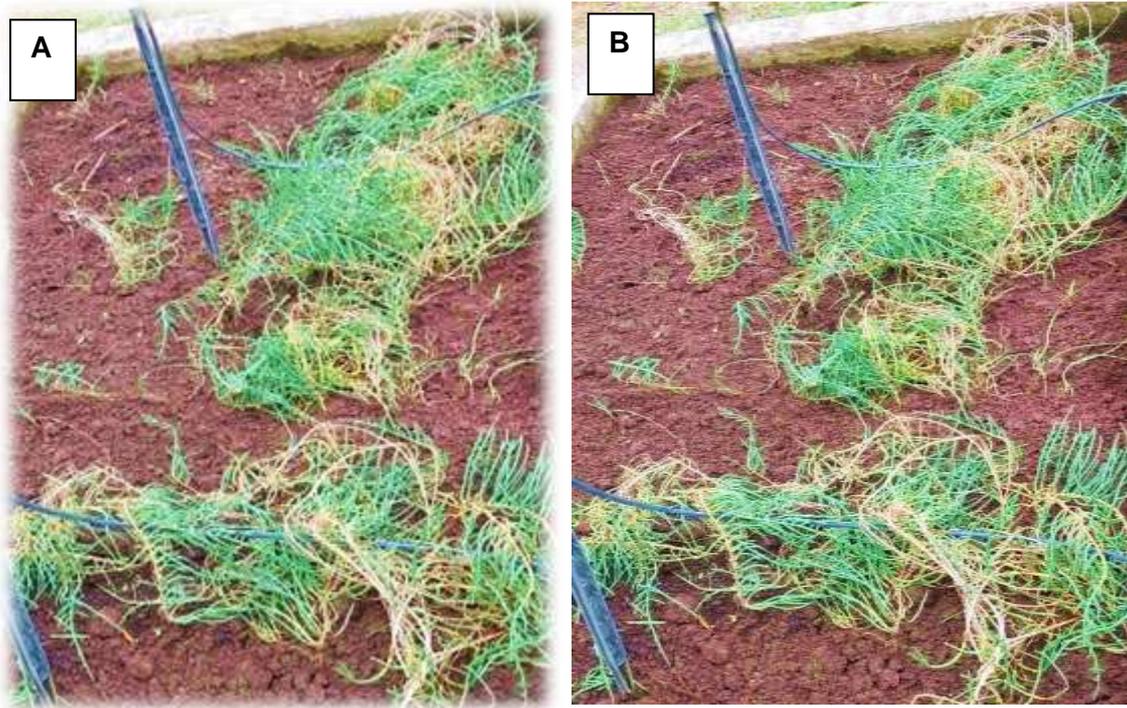
Tabela 2 - Viscosidade dos lipídios/óleos de *Salicornia neei* avaliados à temperatura de 27,40° C e velocidade de agitação a 100 rpm

Lipídios/Óleos <i>Salicornia neei</i>	Centipoise (cP)	Percentual (%)
Raiz	23.3	71.4
Caule	0.85	2.6
Folha	25.0	76.30

Fonte: Aatoria própria (2023).

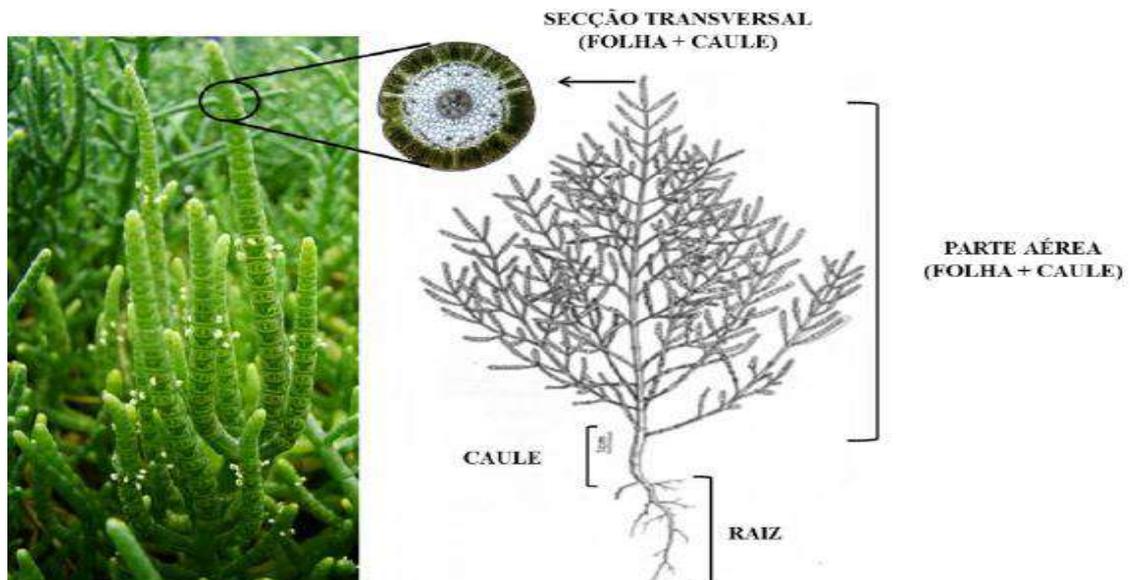
DESENHOS

Figura 1 – Halófito perene Morfologia (A) e Floração (B)



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 2 – Estrutura *Salicornia neei* Lag. raiz, caule e folha



Fonte: Bertin (2014).

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados pela primeira vez, com os lipídios extraídos da *Salicornia neei*, demonstraram resultados satisfatórios em relação ao potencial da atividade antimicrobiana. Os lipídeos da *S. neei*, evidenciou ação contra bactérias gram-negativas e gram-positivas e também leveduras. Dentre esses, microrganismo destaca-se, a atividade antimicrobiana para *Pseudomonas aeruginosa*, sendo uma das principais bactérias causadoras de infecções hospitalares e em paciente com fibrose cística. Dessa forma, os lipídios extraídos da halófito extremófila demonstraram sua aplicabilidade como um forte candidato para a área farmacêutica.

Verificou-se, também, que os resultados em relação a viscosidade dos lipídios totais da raiz, caule e folha isolados da planta *Salicornia neei* são bastante promissores, entretanto, as aplicações com óleos requerem amplas investigações sobre a viscosidade, levando em conta as diferentes formas de uso. Dessa maneira, os resultados apresentados são bastante favoráveis para uma aplicação futura no desenvolvimento de biocombustíveis híbrido.

Assim, recomenda-se novos experimentos relacionados a atividade antimicrobiana e viscosidade dos lipídeos totais extraídos da *Salicornia neei*, com maior período de tempo de condução experimental, a fim de aumentar a bibliografia sobre a *Salicornia neei* para aplicação em alimentos e meio ambiente.

ANEXOS

ANEXO I

Chapter 192

Histochemical Localization and Antioxidant Potential of Lipids from the Root, Stem and Leaf of *Salicornia neei* Lag

 <https://doi.org/10.56238/devopinterscie-192>

Salatiel Henrique Pereira de Lima

Catholic University of Pernambuco (UNICAP);
Postgraduate in Development of Environmental Processes,
NPCIAMB, Catholic University of Pernambuco
(UNICAP).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-0398>

Uiara Maria B. L. Lins

Renorbio Doctorate, Federal Rural University of
Pernambuco (UFRPE);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6007-9932>

Rosileide F. S. Andrade

School of Health and Biological Sciences, NPCIAMB,
Catholic University of Pernambuco (UNICAP);

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8526-554X>,

Adriana Ferreira Souza

Center for Research in Environmental Sciences and
Biotechnology - (NPCIAMB), Catholic University of
Pernambuco (UNICAP);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9527-2206>

Josimar Gurgel Fernandes

Pernambuco Agronomic Institute (IPA);

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0704-0668>

Galba Maria de Campos Takaki

Icam Tech School, NPCIAMB, Catholic University of
Pernambuco (UNICAP). *Corresponding author

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0519-0849>

E-mail: galba.takaki@unicap.br

ABSTRACT

Investigations were carried out with the *Salicornia neei* Lag plant, evaluating the biotechnological potential in the synthesis of lipids, starting with the histochemical location in the tissues of the stem and leaf structures, observing the intense coloration of the oil droplets present in the cells, which were stained black or dark blue, in both structures. In this study, the content of total lipids were evaluated, in addition to evaluating their potential to antioxidant activities. The total lipids of the root and leaf showed higher values corresponding to approximately 10,06% and 5.67%, respectively, and the stem 3.07%. The studies carried out also demonstrated high antioxidant activity in the root, stem and leaf, allowing the application of *Salicornia neei* in the food industry and as a candidate for the pharmaceutical area.

Keywords: Halophyte, Lipids, Active biomolecules, Antioxidant activity.

1 INTRODUCTION

The study of plants for many years has shown great relevance as a source of food, home remedies or medicines and is based on bioactive compounds, which

occur naturally. In addition to many plants being considered important for human nutrition, considering the high content of vitamins and minerals, which confers great economic value to certain species. However, major problems have been occurring due to the continuous degradation of agricultural lands by salinization due to the decrease of freshwater and groundwater (MUNNS and TESTER, 2008; PANTA et al., 2014; QADIR et al., 2014).

The salinization of agricultural soils, caused by natural and anthropogenic factors, has been restricting agricultural productivity worldwide, becoming a challenge for global food security and

environmental sustainability. It is estimated that soil salinization in the world reaches 1.125 billion hectares, affecting 76 million hectares by human activities (MUKHOPADHYAY et al., 2021; ABOELSOUUD et al., 2022; SPARKS et al., 2023).

Salicornia species (Chenopodiaceae, Salicornioideae) are halophytic, succulent plants that respond to saline stress with anatomical, physiological and metabolic adaptations. Species of the Chenopodiaceae family have in their composition a high content of minerals, polyphenols, fatty acids and other bioactive compounds, being attractive and with several industrial applications (BOSCAIU et al., 2013; SÁNCHEZ-GAVILÁN et al., 2021). Human consumption of these halophytes provides numerous health benefits, such as stimulation of immune responses, protection against oxidative stress and prevention of obesity. (PATEL, 2016; RAHMAN et al., 2018).

Salicornia species are considered oilseeds with fatty acid composition similar to other common edible vegetable oils (GOUDA and ELSEBAIE, 2016; PENTEADO et al., 2022; COELHO et al., 2021). Seeds of *Salicornia* spp. produce a percentage of 28% (ANWAR et al., 2002). Fatty acids are bioactive compounds present in the genus *Salicornia*, mainly in the stem and seeds. Some species are studied as a source of linoleic acid and oleic acid (LOCONSOLE et al., 2019; SÁNCHEZ-GAVILÁN et al., 2021).

The use of natural substances has been adopted as an important resource for health, in addition to becoming more popular, in particular, the recovery of antioxidants, minerals, pigments, polymers, and oils from fresh plant matrices and agro-industrial by-products. Other molecules such as nutraceuticals, obtained mainly from extracts of food plants, are very successful due to their nutritional benefits and functional properties (PATEL, 2016; BAJWA et al., 2023).

Salicornia neei is a species native to South America, originating from naturally saline soils (ALVES et al., 2020), which has been used in food due to its bioactive properties and high nutritional content (RIQUELME et al., 2016; DE SOUZA et al., 2018).

Considering the need to expand knowledge on *Salicornia neei*, investigations were carried out aiming at the histochemical location of lipids in different parts of the plant, in addition to evaluating the antioxidant activity of lipids, as viable and efficient biomolecules. And yet, the expansion of biotechnological studies with *Salicornia neei* makes possible the knowledge of the potential for future application in the food and/or pharmaceutical industries.

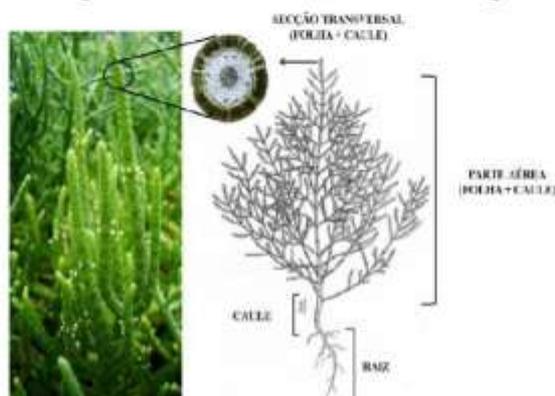
2 MATERIALS AND METHODS

2.1 BOTANICAL MATERIAL: SALICORNIA NEEI LAQ

Salicornia neei with 90 days of growth was collected in a greenhouse at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco. The succulent seedlings were washed in running and distilled water, and later, separated into parts of the stem and leaves, cut into pieces of 8 to 10 cm. The genus *Salicornia*, was previously confused with the genus *Sarcocornia*, however, *Salicornia* presents characteristics (Figure 1) such as: spongy stems with scales, and its leaves, flowers and fruits are

discreet. The genus *Sarcocornia*, on the other hand, is presented with the following characteristics: perennial, branched plants, with prostrate-ascending branches, whose height varies according to the species, but is generally not greater than 70 cm (PATEL, 2016).

Figure 1 – Característica da *Salicornia neei* Lag.



2.2 HISTOCHEMICAL LOCALIZATION OF LIPIDS IN SALICORNIA NEEI

The localization of lipids in *Salicornia neei* was performed according to the method described by Sheehan and Storey (1947), modified. Transversal sections approximately 1 mm thick from the stem and leaf of fresh *S. neei* were fixed on the slide with buffered glycerin and observed by optical microscopy. The oil droplets present in the cells were stained black or dark blue.

2.3 EXTRACTION OF TOTAL LIPIDS

Fresh samples of stem and leaf of *Salicornia neei* were subjected to total lipid extraction according to the methodology described by Manocha et al., (1980). The plant parts were subjected to successive extractions with a chloroform: methanol solvent system (2:1; 1:1; 1:2 v/v). At the end, the extracts of each part of the plant were gathered and, after total evaporation, the samples were placed in a desiccator until constant weight. The yield of total lipids present in the samples was quantified by gravimetry and expressed as a percentage using Equation 1.

$$\text{Lipids (\%)} = \frac{P_2 - P_1}{M_1} \cdot 100 \quad (\text{equation 1})$$

P_2 (Final weight)
 P_1 (Starting weight)
 M_1 (Sample weight)

M_1

2.4 EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY

The DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) colorimetric method was used to evaluate the antioxidant capacity, according to the methodology described by BRAND-WILLIAMS et al. (1995) modified by SÁNCHEZ-MORENO et al. (1998), in which the fractions of extracts from the stem and leaf of *Salicornia neei* at different concentrations diluted in methanol (3.83; 1.91; 0.95 mg/mL) were analyzed. In a dark environment, 2.5 mL of each sample concentration was added to 1.0 mL of methanol solution containing the oxidizing radical DPPH, at a concentration of 0.18 mM. And after a reaction period of 30 minutes, the samples were read in a spectrophotometer at 515 nm. The percentage inhibition was calculated using the following equation:

Equation (2)

$$\% \text{ DPPH} = \frac{(A_c - A_s)}{A_c} \times 100$$

Ac: control absorbance

As: sample absorbance

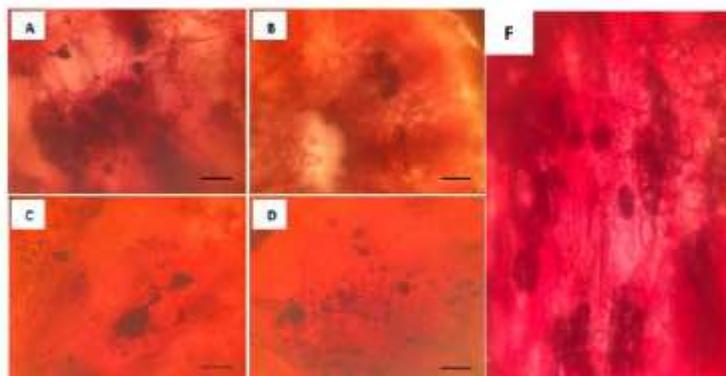
3 RESULTS AND DISCUSSION

The investigations carried out with *Salicornia neei* demonstrated the potential of lipid synthesis in the root, followed by the stem and leaf of the halophyte plant, being the first time that it is evidenced by histochemistry, considering the information in the literature. The literature refers to lipids in other species of *Salicornia* mostly directed to lipids in seeds (EL-MALLAH et al., 1994; BASHAN et al., 2000; EGANATHAN et al., 2006; ELSEBAIE et al., 2013).

3.1 DETECTION OF LIPIDS IN SALICORNIA NEEI

The stem (Figures 1A and 1B), leaf (Fig. 1C and 1D) and Fig 1 E (root) showed positive reactions with the Sudan Black dye, proving the presence of lipids in all structures, with emphasis on Figure 1E, of the root with a greater amount. The sensitivity of the histochemical method with Sudan Black was described by Shepherd et al., (2005) using the dye to detect lipids in embryos and seeds of several species of Chenopodiaceae, including other species of the genus *Salicornia*. However, positive reactions were only observed in *Sarcocornia perennis* and *Allenrolfea occidentalis* embryos, with no reactive lipid bodies observed in *Salicornia bigelovii*, *S. europaea* and *S. bigelovii* seeds. The authors suggested that the age of the seed or the form of the lipids are determining factors for the positive reaction with the dye. However, lipids continue to be one of the most enigmatic classes of biological molecules, according to Flores et al. (2020).

Figure 1. Cross-sections showing cell layers of *Salicornia neei* L. stained with Sudan Black in (A) lipid bodies stained in dark blue in the stem parenchyma; (B) lipid bodies stained in blue close to the vascular bundle of the stem; (C) large blue-stained lipid bodies in leaf parenchymal cells, (D) small blue-stained lipid bodies in leaf cells, and (E) large amounts of blue-stained lipid bodies. Scales: 50µm.



3.2 TOTAL, LIPID CONTENT IN *SALICORNIA NEEI*

The levels of lipids presented in leaves of *Salicornia neei* Laq were higher, corresponding to 56.40 mg/g of plant, compared to the stem (30.40mg/g) (Table 1).

However, for Min et al. (2002) in *S. herbacea* L. the lipid content was higher in the stem (0.3%) and in the root (0.3%), while the leaf presented a smaller fraction (0.2%). Lu et al., (2010) when analyzing the tips of the branches of *Salicornia bigelovii* obtained a very low lipid content (0.37mg/g).

According to Turki (1999) several species of *Salsola*, a succulent of the *Chenopodiaceae* family, have lower lipid levels than the leaves of *S. neei*. The author also demonstrated lower levels of lipids in *S. schvinjii* (15.3 mg/g) and produced by the species *S. longifolia* (32.2 mg/g). Similar results were obtained by Ahmed et al. (2022), in which species of the same family, *Arthrocnemum macrostachyum* Moric and *Kochia indica* Wight produced 56.42 mg/g and 32.18 mg/g, respectively.

Table 1. Total lipid content of leaves and stems of *Salicornia neei*

Part of the Plant	Mass (mg/g)	Percentage (%)
Sheet	56,40	5,64
Stalk	30,70	3,07
Root	100,06	10,06

Source: Own authorship (2023).

3.3 QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF ANTIOXIDANT ACTIVITY

Several studies report the antioxidant activity related to phenolic extracts, alkaloids, flavonoids and terpenoids from halophytic plants of the genus *Salicornia*. In addition to its culinary relevance, medicinal attributes such as immunomodulatory, hypolipidemic, antiproliferative, osteoprotective and hypoglycemic, make this plant less known from the swamp and more significant for phytochemical studies (PATEL, 2016).

Table 2 presents the values of quantitative and qualitative antioxidant activity of lipids in leaves, stems and roots of the *Salicornia neei* plant. The leaf reached its maximum value (51.65) in the

concentration (0.95mg). In the case of the stem, the antioxidant activity that reached a maximum value of 85.47%) was also at the minimum concentration (0.95mg) of lipids. However, the highest values were 97.01%, observed in the root at a concentration of 1.91mg of lipids, and 88.83% at a concentration of 3.88mg of lipids, respectively. However, in relation to *Salicornia neei* there are no reports of studies of antioxidant activity with lipid extracts. Studies carried out evaluating the stability of antioxidant activity in oils extracted from *Salicornia herbacea* seeds demonstrated that the oil contained high levels of α -tocopherol (249.2 mg/kg of oil) (CHOI et al., 2014). The literature demonstrates the efficiency of vitamin E (α -tocopherol, α -Toc) as an antioxidant present in lipid systems (BAROUH et al., 2022). This information suggests that lipids extracted from parts of the *Salicornia neei* plant may also have high levels of α -tocopherol, allowing future studies.

Table 2. Antioxidant activity in lipid extracts of *Salicornia neei*

LIPID CONCENTRATION (mg)	ANTIOXIDANT ACTIVITY (%)		
	Sheet	Stalk	Root
0,95	51,65	85,47	57,46
1,91	39,21	37,13	97,01
3,88	4,35	7,88	88,83

4 CONCLUSIONS

The histochemical location of lipids in the root, stem and leaf demonstrated the accumulation of lipids, being evidenced for the first time in the halophyte plant *Salicornia neei*. The total lipid content was consistent with the histochemical location, with the root having the highest content, followed by stem and leaf.

It is noteworthy that the lipids of *Salicornia neei* also demonstrated for the first time the high antioxidant potential of the root, stem and leaf oils, showing future perspectives for further studies, as well as future applications in the food and/or pharmaceutical industries.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco) S. H.P.L. Process No. IBPG- 1583-3.00/21; CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) G.M.C.T Process No. 312241/2022-4, and CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) Pró-Equipamentos CAPES No. 11/2014. The authors also thank the Nucleus for Research in Environmental Sciences and Biotechnology (NPCIAMB) at UNICAP, for the use of laboratories and equipment.

REFERENCES

- Aboelsoud, hesham m. Et al. Quantitative estimation of saline-soil amelioration using remote-sensing indices in arid land for better management. **Land**, v. 11, n. 7, p. 1041, 2022.
- Agbo, onah francis; anderson, john c.; singh, bharat. Lipid oxidation of edible peanut pastes during storage with variation of environmental and processing factors. **Peanut science**, v. 19, n. 2, p. 101-105, 1992.
- Ahmed, fatma a. Et al. Phytochemical investigation, hplc analysis and antimicrobial activity of some plants from chenopodiaceae family. **Egyptian academic journal of biological sciences, h. Botany**, v. 13, n. 1, p. 13-24, 2022.
- Alves, paulo ricardo et al. Solutos orgânicos e inorgânicos em salicornia neei lag. Sob lâminas de irrigação e adubação no semiárido cearense. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 15, n. 4, p. 360-367, 2020.
- Anwar, farooq et al. Analytical characterization of salicornia bigelovii seed oil cultivated in pakistan. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 15, p. 4210-4214, 2002.
- Bajwa, muhammad naeem et al. Efeito de luzes monocromáticas de amplo espectro no crescimento, fitoquímica, nutracêuticos e potencial antioxidante de culturas in vitro de calos de moringa oleifera. **Moléculas**, v. 28, n. 3, pág. 1497, 2023.
- Barouh, n.; bourlieu-lacanal, c.; figueroa-espinoza, m.c.; durand, e.; villeneuve, p. Tocopherols as antioxidants in lipid-based systems: the combination of chemical and physicochemical interactions determines their efficiency. **Journal citation reports**, v.3, n.144, p.-642-687, (food science & technology), 2022.
- Barry, a. L. Susceptibility tests: diffusion test procedure. **Manual of clinical microbiology**, p. 978-987, 1985.
- Bashan, y.; moreno, m.; troyo, e. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte salicornia bigelovii inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant azospirillum spp. **Biology and fertility of soils**, v. 32, p. 265-272, 2000.
- Boscaiu, monica et al. Proline as a biochemical marker in relation to the ecology of two halophytic juncus species. **Journal of plant ecology**, v. 6, n. 2, p. 177-186, 2013.
- Chandrasekaran, manivachagam; kannathan, krishnan; venkatesalu, venugopalan. Antimicrobial activity of fatty acid methyl esters of some members of chenopodiaceae. **Zeitschrift für naturforschung c**, v. 63, n. 5-6, p. 331-336, 2008.
- Choi, d. Et al. Characterization, stability, and antioxidant activity of *salicornia herbacea* seed oil. **Korean j. Chem. Eng.**, v.31, n.12, p.2221-2228, 2014..
- Coelho, amanda rosa; ansiliero, andressa; foppa, talize. Avaliação de toxicidade, composição química e sensorial da sarcocômia ambigua uso em população hipertensa. **Revista interdisciplinar de estudos em saúde**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2021.
- De souza, manuel m. Et al. Growth, phenolics, photosynthetic pigments, and antioxidant response of two new genotypes of sea asparagus (*salicornia neei* lag.) To salinity under greenhouse and field conditions. **Agriculture**, v. 8, n. 7, p. 115, 2018.

Dunlap, kr ua; perry, j. J. Effect of substrate on the fatty acid composition of hydrocarbon-utilizing microorganisms. **Journal of bacteriology**, v. 94, n. 6, p. 1919-1923, 1967.

Eganathan, p. Et al. Oil analysis in seeds of salicornia brachiata. **Industrial crops and products**, v. 23, n. 2, p. 177-179, 2006.

El-mallah, m. Hassan; turui, t.; el-shami, s. Estudos detalhados sobre o óleo da semente de salicornia sos-7 cultivada na fronteira egípcia do mar vermelho. **Grasas y aceites**, v. 45, n. 6, pág. 3859-389, 1994.

Elsebaie, e. M. Et al. Oil and fatty acids composition in glasswort (*salicornia fruticosa*) seeds. **J. App. Chem**, v. 4, p. 2278-5736, 2013.

Flores, j.; white, b. M.; brea, r.j.; baskin, j.m. and devaraj, n.k. lipids: chemical tools for their synthesis, modification, and analysis. **Chem. Soc. Rev.**, v.49, n14, p.4602-4614, 2020.

Foidl, n. Et al. *Jatropha curcas* l. As a source for the production of biofuel in nicaragua. **Bioresource technology**, v. 58, n. 1, p. 77-82, 1996.

Gouda, m. S.; elsebaie, e. M. Glasswort (*salicornia* spp) as a source of bioactive compounds and its health benefits: a review. **Alex j fd sci technol**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2016.

Ibemesi, j. A. Potential of melon seed oil in development of alkyd resin. **Nj sci**, v. 27, p. 299-304, 1993.

Kamel, bs; kakuda, y. Caracterização do óleo e farelo de semente de damasco, cereja, nectarina, pêssego e ameixa. **Journal of the american oil chemists' society**, v. 69, p. 492-494, 1992.

Loconsole, danilo et al. Halophyte common ice plants: a future solution to arable land salinization. **Sustainability**, v. 11, n. 21, p. 6076, 2019.

Lu, donghe et al. Nutritional characterization and changes in quality of *salicornia bigelovii* torr. During storage. **Lwt-food science and technology**, v. 43, n. 3, p. 519-524, 2010.

Manocha, m. S.; san-blas, g.; centeno, sonia. Lipid composition of *paracoccidioides brasiliensis*: possible correlation with virulence of different strains. **Microbiology**, v. 117, n. 1, p. 147-154, 1980.

Min, jin-gi et al. Chemical composition of *salicornia herbacea* l. **Preventive nutrition and food science**, v. 7, n. 1, p. 105-107, 2002.

Mukhopadhyay, raj et al. Salinidade do solo sob mudanças climáticas: desafios para agricultura sustentável e segurança alimentar. **Journal of environmental management**, v. 280, p. 111736, 2021.

Mumns, rana; tester, mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008

Noureddini, hossein; teoh, b. C.; davis clements, l. Viscosities of vegetable oils and fatty acids. **Journal of the american oil chemists' society**, v. 69, n. 12, p. 1189-1191, 1992.

Patel, seema. *Salicornia*: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. **3 biotech**, v. 6, n. 1, p. 104, 2016.

Penteado, guilherme mora et al. *Salicornia* como um substituto ao sal na hipertensão induzida por obesidade: uma revisão integrativa. **Global academic nursing journal**, v. 3, n. 3, p. E266-e266, 2022.

Panta, suresh et al. Halophyte agriculture: success stories. **Environmental and experimental botany**, v. 107, p. 71-83, 2014.

Qadir, manzoor et al. Economics of salt-induced land degradation and restoration. In: **natural resources forum**. P. 282-295, 2014.

Rahman, md mahbubur et al. Desalted salicornia europaea powder and its active constituent, trans-ferulic acid, exert anti-obesity effects by suppressing adipogenic-related factors. **Pharmaceutical biology**, v. 56, n. 1, p. 183-191, 2018.

Riquelme, javiera et al. Nutritional and functional characterization of wild and cultivated sarcocornia neei grown in chile. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, v. 43, n. 2, p. 283-293, 2016.

Sánchez-gavilán, irene et al. On the elemental composition of the mediterranean euhalophyte salicornia patula duval-jouve (chenopodiaceae) from saline habitats in spain (huelva, toledo and zamora). **Environmental science and pollution research**, v. 28, p. 2719-2727, 2021.

Sheehan, hl; storey, gw um método melhorado de coloração de grânulos de leucócitos com sudan black b. **The journal of pathology and bacteriology**, v. 59, n. 1-2, p. 336-337, 1947.

Shepherd, k. A.; macfarlane, t. D.; colmer, t. D. Morphology, anatomy and histochemistry of salicornioideae (chenopodiaceae) fruits and seeds. **Annals of botany**, v. 95, n. 6, p. 917-933, 2005.

Sparks, donald I.; singh, balwant; siebecker, matthew g. **Química ambiental do solo**. Elsevier, 2023.

Turki, z. A. Chemotaxonomical studies of the genus salsola (chenopodiaceae) in egypt. **Feddes repertorium**, v. 110, n. 1-2, p. 81-87, 1999.

ANEXOS II

Publicações, Capítulo de livro e participação em eventos científicos no período do mestrado

Artigos completos publicados em periódicos

DE LIMA, Salatiel Henrique Pereira et al. Risco Ambiental do Descarte de Medicamentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 6466-6472, 2022.

DE LIMA, Salatiel Henrique Pereira et al. A biotecnologia na produção do biofármaco eritropoetina humana recombinante. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 6473-6481, 2022.

Capítulo de livro

DE LIMA¹, Salatiel H. Pereira; VERÇOSA, Bruno C. Duclerc; DE CAMPOS-TAKAKI, Galba M. ALTERAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE SOLOS APÓS A APLICAÇÃO DE PESTICIDAS: PROBLEMAS E SOLUÇÕES. **A produção do conhecimento nas engenharias: novas fronteiras, tecnologias e desafios**.

Participação em eventos científicos

Prospecção Tecnológica de Substratos Renováveis na Biossíntese de Inibidores da HMG-CoA redutase de autoria de UIARA MARIA DE BARROS LIRA LINS, ILKA DJANIRA FERREIRA DO NASCIMENTO, RENATA ANDREIA DOS SANTOS, SÉRGIO SELISMAN SILVA DANTAS, GILKA MARIA DA SILVA PAIVA, THAYNÁ RHOMANA DA SILVA CÂNDIDO, SALATIEL HENRIQUE PEREIRA DE LIMA, LÚCIO ELIAS DE BARROS LIRA LINS, ROSILEIDE FONTENELE DA SILVA ANDRADE, GALBA MARIA CAMPOS TAKAKI foi apresentado na modalidade oral no IV Simpósio Latino- Americano de Biotecnologia (IV SLAB) realizado em Parnaíba-PI, Brasil, no período de 11 a 13 de março de 2022.