



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMÁTICA, USO E CONSERVAÇÃO  
DA BIODIVERSIDADE**

**NÁDIA SILVA DE CARVALHO**

**ANGIOSPERMAS MARINHAS DO CEARÁ-BRASIL: POTENCIAL  
NUTRICIONAL, PERCEPÇÃO AMBIENTAL E CONTRIBUIÇÕES PARA A  
CONSERVAÇÃO DE MEGAHERBÍVOROS MARINHOS**

**FORTALEZA**

**2024**

NÁDIA SILVA DE CARVALHO

ANGIOSPERMAS MARINHAS DO CEARÁ-BRASIL: POTENCIAL NUTRICIONAL,  
PERCEPÇÃO AMBIENTAL E CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DE  
MEGAHERBÍVOROS MARINHOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemática, Uso e Conservação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade. Linha de Pesquisa: Prospecção e Uso Sustentável da Biodiversidade

Orientadora: Profa. Dra. Cristina Almeida Rocha Barreira.

Coorientador: Prof. Dr. Kirley Marques Canuto

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C326a Carvalho, Nádia Silva de.

Angiospermas marinhas do Ceará-Brasil : potencial nutricional, percepção ambiental e contribuições para a conservação de megaherbívoros marinhos / Nádia Silva de Carvalho. – 2024.  
173 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade, Fortaleza, 2024.

Orientação: Profa. Dra. Cristina Almeida Rocha Barreira.

Coorientação: Prof. Dr. Kirley Marques Canuto.

1. Angiospermas marinhas - Ceará. 2. Megaherbívoros. 3. Angiosperma - Composição. 4. Composição nutricional. I. Título.

CDD 578.7

---

NÁDIA SILVA DE CARVALHO

ANGIOSPERMAS MARINHAS DO CEARÁ-BRASIL: POTENCIAL NUTRICIONAL,  
PERCEPÇÃO AMBIENTAL E CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DE  
MEGAHERBÍVOROS MARINHOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemática, Uso e Conservação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade. Linha de Pesquisa: Prospecção e Uso Sustentável da Biodiversidade

Aprovada em: 30/09/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Cristina Almeida Rocha Barreira (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Pesquisador Dr. Kirley Marques Canuto (Coorientador)  
Embrapa Agroindústria Tropical

---

Profa. Dra. Karine Matos Magalhães  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, familiares, amigos, a todos que  
me ajudaram ao longo da caminhada até aqui.

## AGRADECIMENTOS

**Agradecimento especial a Deus**, que é a minha base e cuida de mim em cada etapa desta caminhada chamada vida. Sou grata por cada porta aberta, fechada e pelas oportunidades que me foram concedidas. Agradeço por me ensinar que, tão importante quanto ser uma excelente profissional, é ser uma excelente pessoa.

Dedico esta dissertação à minha família, que é a minha maior motivação. À minha mãe, Lenilce, que me ensinou a sempre fazer o meu melhor e que estudar é um privilégio, um privilégio que ela não pôde ter, mas que fez de tudo para que eu tivesse. Ao meu pai, Carvalho, que me ensinou a olhar com carinho para cada degrau que escalo, resultado do suor dele, meu e da minha família. Aos meus irmãos, Edna, Dailton e Renata, que me ensinaram a sonhar e acreditar em um mundo melhor. Aos meus sobrinhos, Suyane, Noah e a Cecília, que me mostraram a importância de acreditar, trabalhar e lutar por um mundo mais justo, por vocês e para vocês. Amo vocês com todo meu coração e tenho sorte de chamá-los de família.

Aos meus amigos de alma, Sarah e Samuel, por me ensinarem que “amizade é uma parte de alguém que mora em você e uma parte de você que mora em alguém”. Papai do céu escolheu os melhores anjos para que eu pudesse chamar de amigos. Amo vocês mais do que amo sorvete de menta com chocolate (e isso é muito amor).

À minha fiel amiga Miss Piggy, o serzinho mais dócil, amável, fofo e querido do universo. Meu amor pelos animais é imenso, infinito e vasto; meu amor por ela, em especial, transcenderá o tempo e o espaço.

Aos meus futuros filhos: espero apresentar a vocês um mundo mais justo e sustentável, no qual eu possa ensinar sobre a natureza, os animais, as plantas e toda a beleza que nos cerca.

Agradeço à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro que possibilitou a manutenção da bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade (PPGSis - UFC), expresso minha gratidão por todo auxílio, pela excelência na educação e pela equipe incrível que o compõe. Tenho imenso orgulho de fazer parte do PPGSis.

Ao Laboratório de Zoobentos, que se tornou minha segunda casa, onde aprendi muito e que deixará valiosos ensinamentos. Em especial, agradeço ao Wilson, a Ravena e ao Ryan por toda a ajuda ao longo das coletas em campo.

Ao Laboratório de Bioquímica Costeira (LBC) e a toda a sua equipe, agradeço pela contribuição e pelo auxílio na liofilização das espécies para as análises.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) e a toda a sua equipe, sou grata pela contribuição com o uso dos equipamentos.

Ao Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais (LMQPN) da Embrapa, agradeço por todo o suporte ao longo das análises e a toda a equipe que tornou minha trajetória mais leve. Obrigada, Tigressa, por me ajudar a entender cromatografia do zero; obrigada, Nigéria, por sempre ter um lápis, caneta, borracha e um ombro amigo disponíveis quando os equipamentos resolviam não funcionar; obrigada, Ionete, pelas caronas e pelo auxílio ao longo do meu período no laboratório. Obrigada, Paulo, Lorena, Luciano, Vânia e Acácio, vocês são incríveis.

Ao Laboratório de Solos da Embrapa, agradeço à equipe que me acolheu ao longo das análises e me auxiliou sempre que precisei.

Aos colegas da turma de mestrado: Matheus, Giovanni, Isabelle, Isabela, Jaderson, Bruno, Rianne e Victor Lucas, agradeço pelo apoio, reflexões, críticas e sugestões recebidas. Ao Artur Bruno, sou grata por me receber em sua casa durante a pesquisa de percepção.

A todos os moradores do município de Icapuí, Ceará, que participaram da pesquisa de percepção ambiental, meu sincero agradecimento. Um dos momentos mais especiais do meu mestrado foi quando, em um dia comum de pesquisa, enquanto caminhava sob o sol quente, entre uma comunidade e outra, um grupo de pescadores que aceitou participar me convidou para almoçar e dividiu seu peixe recém pescado com farinha comigo. Entre risos, conversas e peixes, percebi o motivo de trabalhar com conservação: a conservação se faz com pessoas. Aquele foi um dos melhores almoços da minha vida.

À Universidade Federal do Ceará, juntamente com seu corpo docente, direção e a todos que, direta ou indiretamente, fizeram e fazem parte deste processo, expresso minha gratidão.

Ao Dr. Kirley, que me apresentou ao mundo da química e teve imensa paciência até que eu me adaptasse.

À Profa. Dra. Cristina, sou grata pelos ensinamentos, lições, dicas, conselhos, suporte e apoio. Com você, aprendi a ser mais forte, resiliente e pé no chão. Admiro a mulher e a profissional que a senhora é.

Aos participantes da banca de defesa, agradeço pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

“O futuro não é um lugar onde estamos indo.  
É um lugar que estamos criando”.

(Antoine de Saint-Exupery)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição global de angiospermas marinhas e biorregiões geográficas.....	22
Figura 2 – Mapa das áreas de estudo.....	45
Figura 3 – Espécies de angiospermas marinhas coletadas no litoral do Ceará.....	48
Figura 4 – Distribuição dos valores da composição nutricional na parte aérea e parte subterrânea no gênero <i>Halodule</i> .....	50
Figura 5 – Distribuição dos nutrientes e da energia bruta na parte aérea e parte subterrânea no gênero <i>Halodule</i> .....	56
Figura 6 – Distribuição dos valores da composição nutricional para as cinco espécies de angiospermas marinhas.....	58
Figura 7 – Minerais predominantes na parte aérea e subterrânea no gênero <i>Halodule</i> .....	76
Figura 8 – Distribuição do macromineral Enxofre (S) para as cinco espécies de angiospermas marinhas.....	78
Figura 9 – Distribuição dos microminerais Manganês (Mn) e Boro (B) para as cinco espécies de angiospermas marinhas.....	84
Figura 10 – Representação da extração, reação de esterificação, análises químicas e caracterização dos compostos.....	95
Figura 11 – Espectro de massas e estrutura química dos compostos majoritários identificados nas angiospermas marinhas estudadas.....	101
Figura 12 – Mapa do município de Icapuí e identificação de suas Áreas de Proteção Ambiental.....	113
Figura 13 – Número absoluto de citações e as espécies de tartarugas marinhas relatadas por pescadores em Icapuí-CE.....	117
Figura 14 – Grupos de animais relatados pelos entrevistados em Icapuí-CE que utilizam os prados de capim-agulha para alimentação, abrigo ou reprodução.....	118

Figura 15 – Número absoluto de citações e as espécies de angiospermas marinhas  
relatadas pelos entrevistados em Icapuí-CE..... 118

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores da composição nutricional das angiospermas marinhas do gênero <i>Halodule</i> presentes no litoral cearense.....	50
Tabela 2 – Composição nutricional de angiospermas marinhas do gênero <i>Halodule</i> , <i>Halophila</i> e <i>Ruppia</i> .....	52
Tabela 3 – Valores da composição nutricional das cinco espécies de angiospermas marinhas presentes no litoral cearense.....	58
Tabela 4 – Conteúdo de macrominerais em <i>Halodule wrightii</i> , <i>Halodule emarginata</i> e <i>Halodule beaudettei</i> .....	75
Tabela 5 – Conteúdo de macrominerais presentes nas cinco espécies de angiospermas marinhas analisadas.....	77
Tabela 6 – Valores de macrominerais (g/kg) e microminerais (mg/kg) de angiospermas marinhas do gênero <i>Halodule</i> , <i>Halophila</i> e <i>Ruppia</i> .....	79
Tabela 7 – Conteúdo de microminerais em <i>Halodule wrightii</i> , <i>Halodule emarginata</i> e <i>Halodule beaudettei</i> do litoral cearense.....	82
Tabela 8 – Conteúdo de macrominerais presentes nas cinco espécies de angiospermas marinhas analisadas.....	83
Tabela 9 – Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico de angiospermas marinhas por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM).....	97
Tabela 10 – Informações sobre o tipo de saturação e sua essencialidade na dieta.....	97
Tabela 11 – Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico na parte aérea e parte subterrânea de <i>Halodule wrightii</i> por CG-EM.....	98
Tabela 12 – Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico na parte aérea e parte subterrânea de <i>Halodule beaudettei</i> por CG-EM (CG-EM).....	99
Tabela 13 – Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico de <i>Halophila decipiens</i> por CG-EM.....	100
Tabela 14 – Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico de <i>Ruppia maritima</i> por CG-EM.....	100

Tabela 15 – Cognição comparada referente aos conhecimentos das populações das comunidades do município de Icapuí-CE..... 119

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
B	Boro
Ca	Cálcio
CG	Cromatografia Gasosa
Cu	Cobre
DP	Desvio Padrão
EB	Energia Bruta
EE	Extrato Etéreo
EM	Espectrometria de Massa
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
Fe	Ferro
G	Gramas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
K	Quilograma
KCAL	Quilocaloria
MG	Miligramas
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MS	Matéria Seca
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
S	Enxofre
SISBIO	Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade
Zn	Zinco

## RESUMO

O presente estudo aborda a importância das pradarias marinhas, destacando o papel vital das angiospermas marinhas na alimentação, proteção dos organismos marinhos e na promoção da biodiversidade. Contudo, essas plantas enfrentam diversas ameaças, como desmatamento costeiro, urbanização e poluição, que comprometem sua integridade. Além disso, há uma lacuna no conhecimento sobre a composição nutricional dessas plantas, considerando sua importância alimentar, especialmente para megaherbívoros como peixes-bois e tartarugas-verdes. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a composição nutricional, os minerais e o perfil de ácidos graxos de cinco espécies de angiospermas marinhas. Para tanto, foram empregadas metodologias que incluíram a extração dos compostos químicos das partes aéreas e subterrâneas, e da planta inteira, variando conforme a espécie. Adicionalmente, foi conduzido um estudo de percepção ambiental para descrever o conhecimento de moradores do município de Icapuí - Ceará acerca das angiospermas marinhas. Nessa avaliação, foi aplicada a abordagem da cognição comparada. Os resultados indicaram que as angiospermas marinhas apresentaram teores moderados de proteína, elevados teores de fibras e baixos teores de extrato etéreo, com uma quantidade significativa de ácidos graxos, com ênfase no ácido oleico e no ácido palmítico. Observou-se que a maior quantidade de Proteína Bruta (PB) e Energia Bruta (EB) foi mensurada na parte aérea, enquanto os teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Matéria Mineral (MM) foram superiores na parte subterrânea nas espécies do gênero *Halodule*. Além disso, foram identificadas diferenças significativas nos teores de Fósforo (P), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B) entre as partes das plantas. Ao se considerar a análise das cinco espécies de forma íntegra, verificou-se que os conteúdos de S, Mn e B apresentaram variações significativas entre as espécies. Adicionalmente, constatou-se que os elementos P, Mn e B predominavam na parte aérea, enquanto Mg, S e Fe mostraram-se mais abundantes na parte subterrânea no gênero *Halodule*. Com relação aos resultados provenientes do estudo de percepção ambiental, 98% dos entrevistados afirmaram conhecer angiospermas marinhas, sendo o capim-agulha (*Halodule wrightii*) a espécie mais frequentemente mencionada. Entre os benefícios atribuídos a essas plantas, destacam-se: abrigo, manutenção do equilíbrio ambiental, purificação da água, fornecimento de alimento para a fauna marinha e proteção costeira. Aproximadamente 47% dos participantes afirmaram ter observado uma redução nos prados de angiospermas marinhas na região. O estudo ressalta a importância nutricional das angiospermas marinhas, além de seu papel crucial na proteção costeira e na subsistência das

comunidades locais. Acrescenta-se que as informações obtidas neste estudo poderão contribuir para um entendimento mais abrangente da ecologia alimentar dos megaherbívoros e espera-se que os dados aqui apresentados sirvam como base para futuras investigações voltadas à conservação e manejos sustentáveis.

**Palavras-chave:** nutrição; angiospermas marinhas; megaherbívoros.

## ABSTRACT

The present study addresses the importance of seagrass meadows, highlighting the vital role of *seagrassess* in feeding, protecting marine organisms and promoting biodiversity. However, these plants face several threats, such as coastal deforestation, urbanization, and pollution, which compromise their integrity. In addition, there is a gap in knowledge about the nutritional composition of these plants, considering their food importance, especially for megaherbivores such as manatees and green turtles. Thus, the objective of this study was to analyze the nutritional composition, minerals and fatty acid profile of five species of *seagrassess*. To this end, methodologies were used that included the extraction of chemical compounds from aerial and underground parts, and from the whole plant, varying according to the species. Additionally, an environmental perception study was conducted to describe the knowledge of residents of the municipality of Icapuí - Ceará about *seagrassess*. In this evaluation, the comparative cognition approach was applied. The results indicated that the *seagrassess* presented moderate levels of protein, high levels of fiber and low levels of ether extract, with a significant amount of fatty acids, with emphasis on oleic acid and palmitic acid. It was observed that the highest amount of Crude Protein (CP) and Gross Energy (GE) was measured in the aerial part, while the contents of Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF) and Mineral Matter (MM) were higher in the underground part in the species of the genus *Halodule*. In addition, significant differences were identified in the contents of Phosphorus (P), Magnesium (Mg), Sulfur (S), Iron (Fe), Zinc (Zn), Manganese (Mn) and Boron (B) between the plant parts. When considering the analysis of the five species in its entirety, it was found that the contents of S, Mn and B showed significant variations between the species. Additionally, it was found that the elements P, Mn and B predominated in the aerial part, while Mg, S and Fe were more abundant in the subterranean part of the genus *Halodule*. Regarding the results from the environmental perception study, 98% of the interviewees stated that they knew *seagrassess*, with seagrass (*Halodule wrightii*) being the most frequently mentioned species. Among the benefits attributed to these plants, the following stand out: shelter, maintenance of environmental balance, water purification, supply of food for marine fauna and coastal protection. Approximately 47% of the participants stated that they had observed a reduction in *seagrasses* meadows in the region. The study underscores the nutritional importance of *seagrassess*, as well as their crucial role in coastal protection and the livelihoods of local communities. It should be added that the information obtained in this study may contribute to a more comprehensive understanding of

the feeding ecology of megaherbivores and it is hoped that the data presented here will serve as a basis for future investigations aimed at sustainable conservation and management.

**Keywords:** nutrition; seagrass meadow; megaherbivores.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	20
1.1	Taxonomia e Distribuição das Angiospermas Marinhas.....	20
1.2	Biologia, Fisiologia e Morfologia.....	24
1.3	Estrutura Populacional e Estratégias Reprodutivas.....	26
1.4	Serviços Ecossistêmicos.....	28
1.5	Importância das Angiospermas Marinhas na Alimentação de Megaherbívoros	29
1.6	Impactos e Ameaças nos Prados de Angiospermas Marinhas.....	34
<b>2</b>	<b>COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE ANGIOSPERMAS MARINHAS NO LITORAL DO CEARÁ.....</b>	36
2.1	Introdução.....	38
2.2	Aspectos Gerais Sobre o Tema.....	40
2.3	Objetivos.....	43
2.3.1	Objetivo Geral.....	43
2.3.2	Objetivos Específicos.....	43
2.4	Material e Métodos.....	44
2.4.1	Área de Estudo.....	44
2.4.2	Procedimentos em Campo.....	45
2.4.3	Procedimentos em Laboratório.....	48
2.4.4	Análise de Dados.....	48
2.5	Resultados e Discussão.....	49
2.5.1	Comparação das Partes Aéreas e Subterrâneas nas Espécies do Gênero <i>Halodule</i> ...	49
2.5.2	Comparação das Cinco Espécies de Angiospermas Marinhas Analisadas Inteiras...	56
2.6	Conclusão.....	63
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DE MACRO E MICROMINERAIS DAS ESPÉCIES DE ANGIOSPERMAS MARINHAS DO LITORAL NORDESTINO, CEARÁ.....</b>	64
3.1	Introdução.....	66
3.2	Aspectos Gerais Sobre o Tema.....	68
3.3	Objetivos.....	71

3.3.1 Objetivo Geral.....	71
3.3.2 Objetivos Específicos.....	71
<b>3.4 Material e Métodos.....</b>	<b>72</b>
3.4.1 Área de Estudo.....	72
3.4.2 Procedimentos em Campo.....	72
3.4.3 Procedimentos em Laboratório.....	73
3.4.4 Análise de Dados.....	73
<b>3.5 Resultados e Discussão.....</b>	<b>74</b>
3.5.1 Macronutrientes.....	74
3.5.2 Micronutrientes.....	81
<b>3.6 Conclusão.....</b>	<b>85</b>
<b>4 ANÁLISE DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM ANGIOSPERMAS MARINHAS DO LITORAL CEARENSE.....</b>	<b>86</b>
<b>4.1 Introdução.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2 Aspectos Gerais Sobre o Tema.....</b>	<b>89</b>
<b>4.3 Objetivos.....</b>	<b>92</b>
4.3.1 Objetivo Geral.....	92
4.3.2 Objetivos Específicos.....	92
<b>4.4 Material e Métodos.....</b>	<b>93</b>
4.4.1 Coleta e Identificação do Material Vegetal .....	93
4.4.2 Extração e Reação de Esterificação das plantas.....	93
4.4.3 Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massa (CG-EM).....	94
4.4.4 Análise de Dados.....	95
<b>4.5 Resultados e Discussão.....</b>	<b>96</b>
<b>4.6 Conclusão.....</b>	<b>102</b>
<b>5 PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO LOCAL SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS ANGIOSPERMAS MARINHAS NO LITORAL DE ICAPUÍ, CEARÁ.....</b>	<b>103</b>
<b>5.1 Introdução.....</b>	<b>105</b>
<b>5.2 Aspectos Gerais Sobre o Tema.....</b>	<b>107</b>
5.2.1 Zona Costeira do Ceará.....	107

5.2.2 Conservação de Angiospermas Marinhas.....	108
<b>5.3 Objetivos.....</b>	<b>111</b>
5.3.1 Objetivo Geral.....	111
5.3.2 Objetivos Específicos.....	111
<b>5.4 Material e Métodos.....</b>	<b>112</b>
5.4.1 Área de Estudo.....	112
5.4.2 Delineamento Amostral.....	113
5.4.3 Coleta de Dados.....	113
5.4.4 Análise de Dados.....	114
<b>5.5 Resultados.....</b>	<b>115</b>
<b>5.6 Discussão.....</b>	<b>119</b>
<b>5.7 Conclusão.....</b>	<b>123</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>124</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>125</b>
<b>APÊNDICE A – ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO A – AUTORIZAÇÃO SISBIO.....</b>	<b>163</b>
<b>ANEXO B – APROVAÇÃO PELA PLATAFORMA BRASIL.....</b>	<b>164</b>
<b>ANEXO C – AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA PELA SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO, TRABALHO, AGRICULTURA, MEIO AMBIENTE E PESCA.....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO D – AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA PELA SECRETARIA DE PESQUISA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (SEMA).....</b>	<b>168</b>
<b>ANEXO E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) .....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO F – FICHA DE CAMPO: IMAGEM REFERENTE À QUESTÃO 02..</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO G – FICHA DE CAMPO: IMAGEM REFERENTE À QUESTÃO 16..</b>	<b>172</b>

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta dissertação encontra-se organizada da seguinte forma: Cinco capítulos e as considerações finais. O Capítulo 01 – foca nas considerações iniciais, o Capítulo 02 – Composição Nutricional de Angiospermas Marinhas no Litoral do Ceará, Capítulo 03 – Análises de Macro e Microminerais de Espécies de Angiospermas Marinhas do Litoral Cearense, Capítulo 04 – Análise do Perfil de Ácidos Graxos em Angiospermas Marinhas do Litoral do Ceará, Capítulo 05 – Percepção da População Local Sobre a Importância das Angiospermas Marinhas do Litoral de Icapuí, Ceará.

### 1.1 Taxonomia e Distribuição das Angiospermas Marinhas

As angiospermas marinhas são descendentes de plantas terrestres que colonizaram o mar em, pelo menos, três ocasiões diferentes, começando há cerca de 100 milhões de anos (Olsen *et al.*, 2016; Van Der Heide *et al.*, 2012). A morfologia e a anatomia dos órgãos vegetativos e reprodutivos varia entre diferentes táxons, sugerindo que as angiospermas marinhas provavelmente não evoluíram de um ancestral comum, nem através dos mesmos caminhos evolutivos (Kuo; Den Hartog, 2006), formando um grupo ecológico coerente, mas bastante diversificado em termos de filogenia (Kuo; Den Hartog, 2000; Kuo; Den Hartog, 2006) contendo cerca de 72 espécies de monocotiledôneas que pertencem a 14 gêneros e quatro ou seis famílias (dependendo da referência) na ordem Alismatales. Essas famílias incluem Zosteraceae, Posidoniaceae, Cymodoceaceae, Hydrocharitaceae, Ruppiaceae e Zanichellaceae, sendo apenas as três primeiras famílias constituídas exclusivamente por espécies marinhas (Den Hartog; Kuo, 2006; Short *et al.*, 2011; Olsen *et al.*, 2016; Short *et al.*, 2016; Duffy *et al.*, 2019).

São encontradas em uma ampla faixa de profundidade, desde a zona entremarés até 80 metros de profundidade, mas a maioria é encontrada perto da costa, a profundidades não superiores a 25 metros. Variam em densidade, desde manchas únicas até quilômetros quadrados de prados homogêneos, e composição de espécies, variando de espécies únicas a prados multiespecíficos (Green; Short, 2003; Di Carlo; Mckenzie, 2011; Traganos *et al.*, 2020).

Em relação às espécies brasileiras, Laborel-Deguen (1963) sugeriu a existência de duas espécies de *Halodule*: *Halodule uninervis* (Agardh) Kützing e *Halodule wrightii* Ascherson. Já Den Hartog (1970) descreveu a ocorrência de *Halodule emarginata* Den Hartog, uma nova espécie para o Brasil e em 1972 elaborou uma chave taxonômica para as espécies de angiospermas

marinhas e suas respectivas distribuições na costa brasileira, além de descrever mais uma nova espécie de *Halodule*, a *Halodule lilianeae* Den Hartog. Cafruni *et al.* (1978) desenvolveu o trabalho responsável pelas primeiras informações sobre *Ruppia maritima* no Brasil. Lipkin (1980) reportou outra espécie nova, a *Halodule brasiliensis* Lipkin, como espécie endêmica do Brasil e encontrada em Fortaleza, Ceará. Segundo o autor, *Halodule brasiliensis* mostra grande semelhança com *Halodule beaudettei* (Hartog) Hartog, sugerindo que as duas espécies estão fortemente relacionadas. Já *Halophila decipiens* foi descrita por Oliveira-Filho *et al.* (1983), no primeiro trabalho de revisão sobre as angiospermas marinhas do Brasil, na qual foi elaborada uma chave de identificação usando as características das plantas para o diagnóstico das espécies. Novas chaves de identificação foram fornecidas por Kuo e Den Hartog (2001).

As espécies *Halodule brasiliensis* Lipkin, *Halodule uninervis* (Agardh) Kützing e *Halodule lilianeae* den Hartog, foram consideradas *Halodule wrightii* Ascherson, pois as caracterizações foram insuficientes para caracterizá-las como novas espécies (Phillips, 1992). Com base na revisão de taxonomia de angiospermas marinhas mais recente, sete espécies são aceitas como parte do gênero *Halodule*: *Halodule beaudettei* (Hartog) Hartog, *Halodule bermudensis* Hartog, *Halodule ciliata* (Hartog) Hartog, *Halodule emarginata* Hartog, *Halodule pinifolia* (Miki) Hartog, *Halodule uninervis* (Forsk) Ascherson e *Halodule wrightii* Ascherson (Den Hartog; Kuo, 2006). *Halodule beaudettei* foi descrita e confirmada para a costa do nordeste do Brasil recentemente (Magalhães; Barros, 2017).

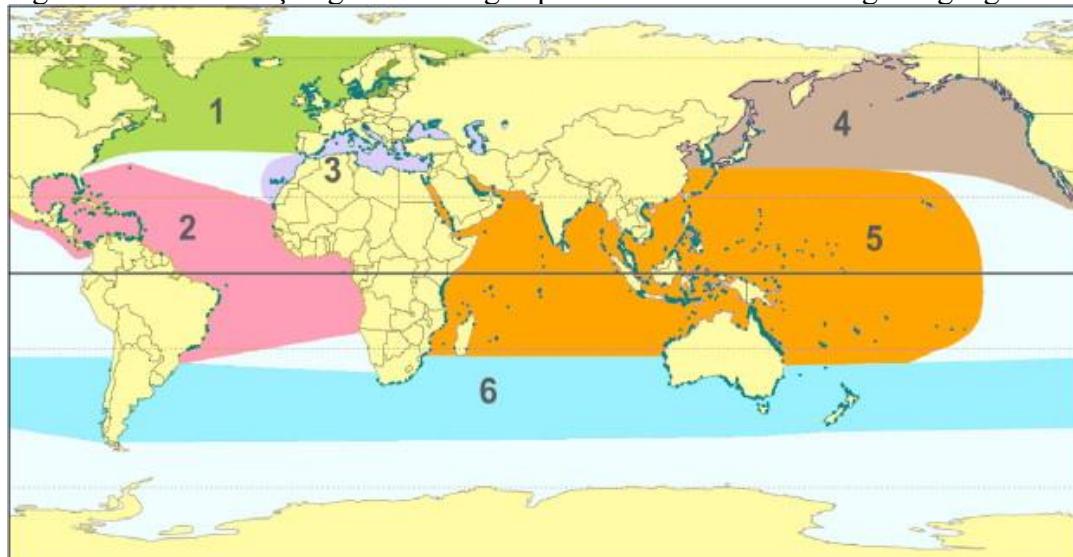
Desse modo, atualmente, é aceito que no Brasil ocorrem três gêneros de angiospermas marinhas, *Halodule* (Cymodoceaceae), *Halophila* (Hydrocharitaceae) e *Ruppia* (Ruppiaceae) (Creed, 2003), cujas espécies são: *Halodule beaudettei* Den Hartog, *Halodule emarginata* Den Hartog, *Halodule wrightii* Ascherson, *Halophila baillonis* Ascherson, *Halophila decipiens* Ostenfeld e *Ruppia maritima* L. (Oliveira-Filho *et al.*, 1983; Copertino *et al.*, 2016; Magalhães; Barros, 2017). Devido à plasticidade fenotípica não há consenso acerca do real número de espécies que ocorrem no Brasil e uma importante questão é verificar a relevância das influências genéticas e ambientais sobre a morfologia (Marques; Creed, 2008). Sendo utilizadas, principalmente, as características morfológicas para identificar as espécies de *Halodule*, pois as estruturas reprodutivas e seu grau de variação ainda não estão bem estabelecidos (Den Hartog; Kuo, 2001; Kuo; Den Hartog, 2006).

Em muitas partes do mundo, as angiospermas marinhas não são bem conhecidas, embora desempenhem papel ecológico fundamental na manutenção dos mares e forneçam funções e serviços ecossistêmicos cruciais aos oceanos e às populações humanas costeiras (Oliveira *et al.*,

2002; SHORT *et al.*, 2006). A atual distribuição de espécies de angiospermas marinhas é o resultado de processos ocorrendo em uma série de escalas temporais diferentes e pode refletir eventos que ocorreram há muito tempo. No entanto, a distribuição real das populações também é o resultado de processos dinâmicos existentes em curso de colonização/extinção (Waycott *et al.*, 2006).

Elas podem cobrir grandes áreas do mar, onde são frequentemente referidas como tapetes ou prados (Di Carlo; Mckenzie, 2011). São consideradas importantes ecossistemas para vida costeira, uma vez que fornecem substrato para o assentamento larval, fixação, abrigo e proteção para diversos animais (Hemminga; Duarte, 2000; Short *et al.*, 2007). As pradarias de angiospermas marinhas ocorrem em áreas costeiras ao longo de todos os continentes, exceto na Antártica, existindo muitos desafios no mapeamento global de angiospermas marinhas. Considera-se que a extensão global de angiospermas marinhas cubra uma área total estimada entre 160.387 km<sup>2</sup> e 266.562 km<sup>2</sup> (Mckenzie *et al.*, 2020). Estima-se que ocorrem em 163 países e em seis biorregiões globais (Figura 01) que abrangem os mares tropicais e temperados (Short *et al.*, 2007; Mckenzie *et al.*, 2020; Pnuma, 2020).

Figura 01 – Distribuição global de angiospermas marinhas e biorregiões geográficas



Fonte: Short *et al.*, (2007)

As pradarias no Brasil ocorrem de forma descontínua ao longo da costa, sendo fortemente influenciadas pela oceanografia regional e pela geomorfologia regional e local (Copertino *et al.*, 2016). A extensão total das pradarias de angiospermas marinhas ao longo da costa brasileira ainda é incerta, isto ocorre devido à falta de mapeamento detalhado para a maioria das regiões (Copertino *et al.* 2016; Soares *et al.*, 2022; Hatje *et al.*, 2023). Até o momento, a área

registrada de angiospermas marinhas no Brasil é de aproximadamente 678,25 km<sup>2</sup> (Creed, 2003; Barros *et al.*, 2014; Copertino *et al.*, 2016; Howard *et al.*, 2018; Soares *et al.*, 2022), que ainda vem sendo mapeada, inclusive na costa cearense. Ademais, em campanhas realizadas ao longo do litoral do estado do Ceará, através do projeto "Pradarias Marinhas da Costa do Estado do Ceará: Mapeamento, Biodiversidade e Estoques de Carbono Azul" (FUNCAP PS1-00186 00374.01.00/21) foram registradas angiospermas marinhas em novas áreas, totalizando uma área adicional de 252 km<sup>2</sup> (Rocha-Barreira *et al.*, em preparação).

A *Ruppia maritima* tem a distribuição latitudinal mais ampla, mas está confinada a áreas estuarinas rasas, enquanto *Halodule wrightii* é mais abundante em geral (Kantrud, 1991; Corpenico *et al.*, 2016). Sendo *Halodule wrightii* uma espécie nativa e não endêmica, de vida curta (Oliveira-Filho *et al.*, 1983). No Brasil, é encontrada no Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte), Sudeste (Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná), (Oliveira-Filho *et al.*, 1983; Marques; Creed, 2008; Sordo *et al.*, 2011; Bove, 2014). Cresce em ambientes moderadamente abrigados de praias arenosas, lamosas e em recifes de arenito, até cerca de 20 m de profundidade, podendo os bancos de *H. wrightii* ficarem expostos nas marés baixas (Oliveira-Filho *et al.*, 1983; Magalhães; Eskinazi-Leça; Junior, 1997; Barros; Jardim; Rocha-Barreira, 2013; Barros; Rocha-Barreira; Magalhães, 2016). Sua reprodução é assexuada (clonal) e sexuada, embora *H. wrightii* seja a espécie mais estudada no Brasil, faltam estudos quanto à fenologia reprodutiva ao longo do litoral brasileiro (Marques; Creed, 2008; Costa, 2016).

*Halodule beaudettei* é uma espécie nativa, não endêmica do Brasil, encontrada em uma ampla variedade de substratos, desde fundos lamosos a areia grossa (Phillips, 1967), semelhantes aos povoados por *H. wrightii*. Costa (2016) observou diferenças entre *H. wrightii* e *H. beaudettei* em sua coloração, tamanho e largura das folhas, no qual foi encontrado folhas mais largas e claras em *H. beaudettei*, bainha mais larga e com lígula mais visível, além do notável ápice foliar usado para definir a espécie (ápice cúspido e obtuso com pequenos dentes laterais) (Den Hartog, 1964; Kuo; Hartog, 2000).

*Halodule emarginata* é uma espécie nativa e endêmica do Brasil, está restrita à região entre o Ceará e São Paulo (Oliveira *et al.*, 1983). A taxonomia é incerta, e há dúvidas sobre a validação deste táxon (Barros *et al.*, 2013; Creed, 2003, Oliveira *et al.*, 1983; Short *et al.* 2007). Esta espécie é identificada principalmente por suas características morfológicas, logo, estudos genéticos ainda são necessários (Barros *et al.*, 2013). Caracteriza-se por apresentar folhas relativamente curtas e largas, com ápices emarginados ou obtusos (Oliveira-Filho, 1983; Barros *et al.* 2016).

*Halophila decipiens* é uma espécie nativa, não endêmica, de estrutura delicada que ocorre em águas com profundidades maiores que 10 m ou em locais rasos com elevada turbidez, pode crescer desde a zona entremarés até uma profundidade de mais de 60 m, sendo considerada uma espécie de águas profundas (Den Hartog, 1970; Oliveira; Pirani; Giulietti, 1983; Kuo; Kirkman, 1995; Kuo; Den Hartog, 2000; Van Tussenbroek *et al.*, 2010). É encontrada em pequenas manchas que margeiam a pradaria, não ficando expostas durante grande parte das marés baixas, embora algumas poucas manchas possam emergir em marés negativas (Costa, 2016). Considerada uma espécie de curta duração, com alta taxa de fecundidade e crescimento rápido do rizoma, que levam a uma rápida renovação e colonização de áreas perturbadas, é uma espécie tropical anual que se repovoa a partir de sementes a cada ano (Fonseca *et al.*, 2008). No Brasil as populações parecem perenes (Costa, 2016).

## 1.2 Biologia, Fisiologia e Morfologia

As diferenças mais evidentes na estrutura anatômica das angiospermas marinhas em relação às das plantas terrestres são: falta de estômatos; cutícula extremamente fina; epiderme atuando como principal sítio fotossintético; e redução de elementos condutores de água (Kuo; Den Hartog, 2006). As angiospermas marinhas compreendem um grupo de plantas vasculares, do grupo das monocotiledôneas, que se adaptaram para sobrevivência no ambiente marinho, desenvolvendo estratégias próprias para completar todo o seu ciclo de vida imersas em água do mar (Oliveira *et al.*, 2002; Den Hartog; Kuo, 2006).

Arber (1920) formulou um conjunto de quatro propriedades, consideradas indispensável para uma angiosperma marinha: (1) devem estar adaptadas à vida em meio salino (Estenohalinas); (2) devem ser capaz de crescer quando totalmente submersas; (3) devem possuir sistema de ancoragem seguro; e (4) devem ter mecanismo de polinização hidrófila (Den Hartog; Kuo, 2006), tendo Den Hartog (1970) incluído um quinto: (5) a necessidade de dispersão em o contexto marinho (Ackerman, 2006).

Deve-se salientar que nem todas as angiospermas marinhas são estenohalinas no mesmo grau, assim, membros dos gêneros *Halodule* e *Halophila* podem, por exemplo, habitar estuários e zonas entremarés (Den Hartog; Kuo, 2006). Sendo assim, criou-se um grupo ecológico de plantas aquáticas, característico de águas com salinidade instável, chamado eurihalina, no qual está a família *Ruppiaceae* (com o gênero *Ruppia*) (Den Hartog; Kuo, 2006).

As folhas geralmente têm uma bainha basal para proteger as folhas em desenvolvimento e uma lâmina foliar estendida para produzir alimentos por meio da fotossíntese (Di Carlo; Mckenzie, 2011). A folhagem é produzida a partir dos nós do rizoma, geralmente forma uma unidade de várias folhas e é referido como um rebento (Kuo; Hartog, 2006). Pêlos/espinhos curtos unicelulares ou “dentes marginais” ocorrem frequentemente nas margens da lâmina foliar, em direção ao ápice da folha. A forma das células epidérmicas na superfície pode diferir entre espécies de angiospermas marinhas e tem sido utilizada como caráter de identificação de espécies em certos gêneros (Kuo; Hartog, 2006).

As partes subterrâneas consistem em raízes para ancoragem e rizomas/caules para sustentação mecânica. Os órgãos vegetativos das angiospermas marinhas têm um rizoma rasteiro bem desenvolvido. Em cada nó ou em certos nós há uma ou mais raízes ramificadas ou não ramificadas e um rebento ou caule com várias folhas. A ponta da raiz das angiospermas marinhas tem uma capa radicular distinta protegendo as células meristemáticas. Os rizomas subterrâneos são uma característica comum de muitas monocotiledôneas e são responsáveis por características ecológicas distintas (Harper, 1977). As principais funções do rizoma nas angiospermas marinhas são ancoragem, suporte mecânico, armazenamento de nutrientes e regulação e manutenção do crescimento vegetativo (Kuo; Hartog, 2006; Di Carlo; Mckenzie, 2011).

Essas plantas requerem sedimentos macios, lamas e areias, que podem ser penetrados pelas suas raízes e rizomas (caules horizontais subterrâneos). Possuem um sistema subterrâneo de raízes e rizomas, no qual as folhas emergem para a coluna d'água (Fitrian *et al.*, 2017). Sendo o rizoma e o sistema radicular responsáveis por estabilizar os sedimentos e ajudar a prevenir a erosão costeira durante tempestades, chuvas e inundações (Laffoley; Grimsditch, 2009).

Ao contrário de outras angiospermas marinhas, a *Ruppia maritima* normalmente forma longos caules verticais de até 3 m. Esta morfologia (caules longos com raízes superficiais) torna as plantas facilmente destacáveis, o que dificulta sua sobrevivência em habitats com marés ou correntes fortes (De Los Santos *et al.*, 2022). Plantas com maior biomassa aérea e baixa biomassa subterrânea são mais suscetíveis a remoção por correntes, com baixa capacidade de fixação, e normalmente ocorrem em locais de correntes calmas e sedimento rico em matéria orgânica (Wicks *et al.*, 2009). Assim, a baixa biomassa subterrânea de *Halophila* a torna vulnerável ao desenraizamento (Malm, 2006).

Nas comunidades de angiospermas marinhas com baixo teor de biomassa, a alimentação dos dugongos envolve a remoção de toda a planta (ou seja, incluindo raízes e rizomas) (Aragones *et al.*, 2006). A vegetação pode ser alcançada pelos sirênios em sua totalidade (quando

os rizomas estão acessíveis) ou parcialmente (quando apenas as folhas estão acessíveis) (Aragones *et al.*, 2006; Marshall *et al.*, 2003). Ao simular a alimentação por dugongos, considerou-se que as plantas são arrancadas e tanto as folhas quanto as raízes/rizomas (até 0,08 m de profundidade) são removidas. Em contraste, na alimentação das tartarugas verdes, apenas a parte aérea (partes acima do solo) da planta é removida (Aragones; Marsh, 2000). Esse comportamento pode estar associado ao fato da composição bromatológica dos alimentos variar de acordo com a parte da planta ingerida (Werner, 1993), bem como com a espécie, idade, época do ano e fertilidade do solo (Werner, 1993; Siegal-Willott *et al.*, 2010).

As espécies de angiospermas marinhas diferem na tolerância à mudança de salinidade (aumento ou diminuição), sendo a salinidade um fator importante no crescimento, estrutura, função e distribuição das angiospermas marinhas nos oceanos (Oscar *et al.*, 2018). A salinidade ideal do *Halodule wrightii* é 20 a 44, enquanto a faixa de salinidade letal é menor que 6 e maior que 70. Já a taxa de salinidade ideal para *Ruppia maritima* é 0 a 20 (podendo prosperar em ambientes oligohalininos e hiperhalinos, ou seja, salinidades de 0 a 39), enquanto a salinidade letal é maior que 55. Para *Halophila* o intervalo ideal é 23 a 40 e o letal é menor que 13 ou maior que 50 (McMillan; Mosely 1967; Phillips, 1960; Zieman, 1974; Verhoeven, 1979; Pulich, 1980; Pulich, 1985; Koch *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2017; Creed *et al.*, 2023).

As espécies de angiospermas marinhas dominantes e com maior tolerância à salinidade, como *Halodule wrightii* e *Ruppia maritima*, poderão tornar-se mais comuns no futuro (Koch *et al.*, 2007; Deyoe *et al.*, 2023) em especial, espécies tropicais, como *Halodule wrightii*, devido também à sua capacidade de crescimento rápido, o que pode beneficiar em relação às perturbações ambientais (Mckenzie *et al.*, 2021).

As pradarias ocorrem em temperaturas que variam de 0° a 45°C, porém, a temperatura ótima para manutenção dos processos fisiológicos pode variar em um gradiente latitudinal, onde espécies tropicais apresentam maiores limiares (27 - 33°C) do que espécies temperadas (21 - 32°C) (Lee *et al.*, 2007). A variação do clima, especialmente da quantidade de chuva, parece ser o principal fator que influencia a quantidade e a qualidade nutricional dos alimentos disponíveis para os herbívoros (White, 1978). As variações sazonais nas pradarias podem ocorrer por efeito de variáveis ambientais relacionadas às mudanças de estações do ano, como alterações de salinidade, aumento na turbidez e no aporte de sedimento, mudanças na temperatura e índices de precipitação pluviométrica (Short, 1987; Pulich, 1985; Short *et al.*, 2007; Collier *et al.*, 2014).

### **1.3 Estrutura Populacional e Estratégias Reprodutivas**

A reprodução das angiospermas marinhas ocorre de maneira assexuada (clonal) e sexuada (Marques; Creed, 2008; Costa, 2016). Entre as vantagens da reprodução assexuada, destacam-se: a manutenção e disseminação de genótipos "benéficos" por meio do crescimento e dispersão através da fragmentação; a disponibilização de múltiplas versões do mesmo genótipo em situações de mortalidade e a eliminação dos custos associados à reprodução (Jackson *et al.*, 1985; Obeso, 2002; Campbell, 2003). O crescimento vegetativo, por meio da extensão do rizoma, confere uma significativa flexibilidade, permitindo que um único indivíduo genético persista tanto no espaço quanto no tempo. Neste contexto, a clonalidade resultante da fragmentação vegetativa é provavelmente mais frequente para a manutenção e disseminação dessas plantas do que a produção de sementes (Ackerman, 2006).

Além disso, diversas espécies de angiospermas marinhas apresentam flores masculinas ou femininas (dióicas), o que as impede de realizar autopolinização (Les *et al.*, 1997). As vantagens inerentes à reprodução sexuada incluem a manutenção da variabilidade genética por meio da meiose e da fertilização, fatores essenciais à seleção natural; o mascaramento de alelos deletérios; e potencialmente a formação de genótipos que conseguem colonizar novos habitats ou nichos. Adicionalmente, a formação de um estágio dormente (como as sementes) proporciona uma estratégia de sobrevivência temporal e favorece a dispersão, um processo fundamental na reprodução sexuada (Ackerman, 2006). Portanto, a reprodução sexuada desempenha um papel crucial na estabilidade de longo prazo das populações em ambientes dinâmicos (Silander, 1985; Rasheed, 1999). Contudo, no meio marinho, a reprodução sexuada enfrenta limitações, notadamente pela dificuldade de o pólen alcançar os estigmas (Pettitt, 1980; Cox, 1988; Ackerman, 1995; Verduin, 1996; Reusch, 2003; Ackerman, 2006).

Semelhantemente às suas homólogas terrestres, das zonas úmidas e das angiospermas de água doce, as angiospermas marinhas estabeleceram as sementes como um dos mecanismos de dispersão. As sementes de várias espécies de angiospermas marinhas germinam após um período de dormência, o qual é influenciado pela estrutura do tegumento (Orth *et al.*, 2006). As sementes de *Halodule*, por exemplo, podem permanecer inativas por períodos prolongados, sendo capazes de germinar mais de três anos após a liberação da planta-mãe (Kuo; Hartog, 2006). O tamanho das sementes, a anatomia e a dinâmica de germinação variam entre as diferentes espécies de angiospermas marinhas (Den Hartog, 1970; Orth *et al.*, 2000; Inglis, 2000). Com frequência, as sementes e o pólen tendem a percorrer distâncias limitadas, resultando em uma alta probabilidade

de que estejam geneticamente relacionadas a plantas adjacentes (Ruckelshaus, 1996; Harwell; Orth, 2002).

A polinização em angiospermas marinhas ocorre principalmente por hidrofilia, que é a polinização abiótica mediada pela água (Faegri; Van Der Pijl, 1979). No entanto, agentes bióticos, como aves aquáticas, especialmente as migratórias, peixes-boi, dugongos e espécies de peixes, têm o potencial de gerar fragmentos reprodutivos e transportar sementes por distâncias consideráveis, caso sejam ingeridas (Baldwin; Lovvern, 1994; Figuerola; Green, 2002; Figuerola; Green; Santamaría, 2002; Orth *et al.*, 2006). Um exemplo notável é a *Ruppia maritima*, que é conhecida por ser transportada nas penas, bem como no trato digestivo e nas fezes de aves aquáticas (Martínez-Garrido *et al.*, 2017).

Adicionalmente, fragmentos são gerados quando a planta é afetada por atividades naturais (como tempestades e consumo de animais) ou por intervenção humana (como ancoragem e arrastamento de artes de pesca) (Ruiz; Ballantine, 2004; Willette; Ambrose, 2012; Steiner; Willette, 2015). Esses fragmentos podem flutuar, possibilitando a propagação assexuada das angiospermas marinhas (Willette *et al.*, 2014; Steiner; Willette, 2015).

#### 1.4 Serviços Ecossistêmicos

Os prados de angiospermas marinhas oferecem habitat, berçários e locais de alimentação para uma ampla diversidade de organismos marinhos, incluindo espécies ameaçadas de extinção (tartarugas marinhas, dugongos, peixes-boi) e espécies comerciais (Gacia *et al.*, 2003; Koch, 2009; Duarte *et al.*, 2013; Unsworth *et al.*, 2019). Globalmente, estima-se que os serviços ecossistêmicos marinhos valham 74,5 biliões de dólares/ano, contribuindo para mais de 60% do valor económico total da biosfera (Costanza *et al.*, 2014). Melhoram a qualidade da água através da absorção e armazenamento de nutrientes, contaminantes e microplásticos e da remoção de patógenos da coluna de água (Los Santos *et al.*, 2020; Sanchez-Vidal, 2021). Além disso, prestam serviços de proteção costeira (Christianen *et al.*, 2013; Ondiviela *et al.*, 2014; Paul, 2018; James *et al.*, 2019).

O metabolismo das angiospermas marinhas afeta a dinâmica do carbono e dos nutrientes nas zonas costeiras (Mateo *et al.*, 2006; Romero *et al.*, 2006). Os bancos são, portanto, potenciais sumidouros de nutrientes, e isso é relevante não apenas para o próprio ecossistema de angiospermas marinhas, mas também para os ciclos biogeoquímicos dos elementos e para o

dinâmica de nutrientes dos ecossistemas costeiros (Gacia *et al.*, 2002; Kennedy *et al.*, 2004; Marba *et al.*, 2006).

Espécies de importância comercial foram associadas às angiospermas marinhas em algum momento durante o seu ciclo de vida, sendo importantes habitats de alimentação, funcionando como berçários onde juvenis, como a espécie criticamente ameaçada peixe-serra de dentes pequenos (*Pristis pectinata*) (Morgan *et al.*, 2015) e o tubarões-limão procuram refúgio durante os primeiros estágios vulneráveis da vida (Deangelis, 2008). Os peixes utilizam as pradarias de angiospermas marinhas como um berçário onde os seus alevinos podem se esconder, os camarões são depositados nas pradarias de angiospermas marinhas na sua fase pós-larval e permanecem até se tornarem adultos (Watson *et al.* 1993).

Além disso, vários os animais migram de outros habitats, como recifes de coral e áreas de mangue, para as pradarias de angiospermas marinhas para se alimentar, sugerindo que as pradarias de angiospermas marinhas fornecem uma ligação importante entre os habitats terrestres e outros habitats marinhos (Unsworth *et al.* 2008). A perda ou alterações na composição de espécies dessas plantas pode afetar a abundância e a diversidade dos peixes dentro dos bancos e o habitat onde os peixes juvenis dos bancos de angiospermas marinhas podem mover-se quando adultos (Bender; Contreras; Fahrig, 1998).

De acordo com Creed *et al.* (2023) dentre os serviços ecossistêmicos e as espécies que ocorrem na costa brasileira, quase metade dos documentos analisados (49%) referia-se ao *Halodule wrightii*, um terço (29%) para *Ruppia marítima*, (10,9%) para *Halophila decipiens*, (5,4%) para *Halodule emarginata*, (4,6%) para *Halophila bailonni* e apenas 0,8% para *Halodule beaudettei*.

## **1.5 Importância na Alimentação de Megaherbívoros Marinhos**

A megafauna marinha compreende os organismos de grande porte, definidos por uma massa corporal igual ou superior a 45 kg, que habitam os oceanos costeiros e abertos. Esta categoria inclui peixes ósseos, elasmobrânquios (como tubarões e raias), mamíferos (tais como baleias, focas, sirênios e ursos polares), répteis (como as tartarugas marinhas), uma espécie de ave marinha (o pinguim-imperador) e espécies de moluscos (incluindo amêijoas, lulas e polvos) (Estes *et al.*, 2016; Teh; Teh; Jolis, 2018).

De acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), aproximadamente um terço das espécies pertencentes à megafauna marinha avaliadas está

classificado como ameaçado de extinção, com base em critérios como raridade, taxa de declínio populacional, tamanho da população, área de distribuição geográfica e grau de fragmentação populacional (IUCN, 2012). Além disso, uma parcela significativa (13%) da megafauna marinha está associada a angiospermas marinhas (Sievers *et al.*, 2019). Muitas dessas espécies são de particular interesse, incluindo aquelas que estão ameaçadas ou em perigo, além das que são consideradas carismáticas, como dugongos, peixes-boi, tartarugas marinhas e tubarões (Sievers *et al.*, 2019; Díaz-Abad *et al.*, 2022). No ambiente marinho, tanto herbívoros quanto onívoros consomem angiospermas marinhas de forma direta ou indireta durante suas rotinas alimentares (Fenner; Thompson, 2005; Valentine, 2006; Jarvis; Moore, 2010; Blackburn; Orth, 2013; Baskin *et al.*, 2014; Bjorndal, 2017; Marsh; Grech; McMahon, 2018; Sievers *et al.*, 2019).

Os megaherbívoros podem induzir flutuações significativas na biomassa e na estrutura dos prados de angiospermas marinhas, uma vez que exercem forte influência sobre a biomassa, a produtividade e a composição da comunidade vegetal em ecossistemas aquáticos e marinhos (Porter, 1973; Lynch; Shapiro, 1981; Lewis, 1985; Vanni, 1987; Cyr; Pace, 1993; Mallin; Paerl, 1994; Sterner; Elser, 2002; Duarte *et al.*, 2006). A perda de biomassa aérea das angiospermas marinhas resulta em interrupções no transporte de oxigênio da biomassa acima para as camadas subterrâneas, o que, por sua vez, diminui a oxigenação dos sedimentos (Eldridge e Morse, 2000; Borum *et al.*, 2006). Embora a biomassa subterrânea possa continuar a se desenvolver por um período limitado, mesmo na ausência do transporte efetivo de carboidratos e oxigênio pela parte aérea, isso ocorre devido à utilização de carboidratos armazenados nos rizomas (Burke; Dennison; Moore, 1996).

O declínio de muitas dessas grandes espécies herbívoras, resultante da destruição do habitat (Jackson *et al.*, 2001), pode ter implicações significativas para o desenvolvimento natural de novos bancos de angiospermas marinhas e, em última análise, para o fluxo gênico e a diversidade genética nas diferentes populações (Orth *et al.*, 2006). O estudo do destino da matéria orgânica, como uma parte essencial da abordagem ecológica dos ciclos materiais na biosfera, também é relevante para a compreensão da produção primária. Por exemplo, a quantidade de angiospermas marinhas que é consumida por herbívoros e decompositores estabelece limites sobre o nível de produção secundária que pode ser sustentado pelo prado (Cebrian; Duarte, 1998).

Megaherbívoros, como os dugongos, frequentemente pastam nas mesmas áreas durante semanas ou meses, resultando na redução da biomassa aérea das angiospermas marinhas em até 96% (Preen, 1995). No entanto, após períodos de consumo intenso, observa-se uma recuperação geralmente rápida (em meses) (Preen, 1995; Duarte *et al.*, 2006). Embora a ocorrência

de consumo baixo a moderado pareça ser a norma, um número crescente de casos de atividade intensa de consumo e até eventos de sobreconsumo têm sido relatados (Valentine; Heck, 1999; Romero *et al.*, 2006).

O impacto do aumento nas densidades de megaherbívoros nas principais funções e na multifuncionalidade dos ecossistemas de angiospermas marinhas foi avaliado. A pesquisa de Christianen *et al.* (2023) demonstra que a intensidade intermediária de consumo por tartarugas resulta em uma redução de 55% na biomassa de angiospermas marinhas acima do solo, em comparação com áreas sem consumo. Por outro lado, o consumo intensivo por tartarugas provocou uma diminuição de 96% na biomassa de angiospermas marinhas acima do solo. Além disso, a ausência de consumo por tartarugas contribuiu para a estabilização dos sedimentos, o aumento da decomposição, da riqueza de espécies da macrofauna e da biomassa de peixes, no entanto, não se observou uma melhoria significativa na ciclagem de nutrientes e no armazenamento de carbono em comparação com cenários que apresentavam consumo natural (Christianen *et al.*, 2023).

A questão das densidades adequadas de megaherbívoros e a proximidade das populações atuais de tartarugas em relação aos números originais permanecem sob considerável debate (Broderick *et al.*, 2006; Christianen *et al.*, 2021; Flojgaard *et al.*, 2022). A resposta dos ecossistemas de angiospermas marinhas a essas variáveis depende da frequência e intensidade da pressão de consumo, bem como das espécies de angiospermas marinhas presentes (McKenzie, 2021). Portanto, são necessários estudos adicionais sobre a capacidade de suporte da biomassa de angiospermas marinhas sobre a população estimada de megaherbívoros (Preen, 1995; Chaloupka, Limpus, 2001; Sobczick *et al.*, 2012).

Análises de digestibilidade, ensaios de enzimas digestivas e estudos de isótopos estáveis foram utilizados para determinar a capacidade do *Sphyrna tiburo* em digerir e assimilar angiospermas marinhas. Esses estudos fornecem evidências de que esses tubarões, anteriormente considerados exclusivamente carnívoros, podem assimilar nutrientes provenientes de angiospermas marinhas e apresentam atividade enzimática que degrada componentes de celulose em seu intestino posterior, sendo assim, o primeiro tubarão verdadeiramente onívoro, capaz de consumir, digerir e assimilar material de angiospermas marinhas (Leigh; Papastamatiou; German, 2018; Jhaveri; Papastamatiou; German, 2015).

Os sirênios são distribuídos em duas famílias: Dugongidae e Trichechidae, contendo quatro espécies ainda existentes: o dugongo (*Dugong dugon* Müller, 1776), o peixe-boi-africano (*Trichechus senegalensis* Link, 1795), o peixe-boi-amazônico (*Trichechus inunguis* Natterer, 1883) e o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus* Linnaeus, 1758), que é subdividido em duas

subespécies: o peixe-boi-marinho das Antilhas (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) e o peixe-boi da Flórida (*Trichechus manatus latirostris* Harlan, 1824) (Reep; Bonde, 2006). Entre essas, as espécies de sirênios representam os únicos mamíferos aquáticos com dieta herbívora e não ruminante (Lemire, 1968; Moir, 1968; Marsh; Heinsohn; Spain, 1977; Hartman, 1979; Best, 1981). No Brasil, encontram-se duas das quatro espécies mencionadas: o peixe-boi-marinho e o peixe-boi-amazônico (Coimbra-Filho, 1972).

Os peixes-boi têm a capacidade de consumir entre 30 e 55 kg de angiospermas marinhas diariamente (Best, 1981; Castelblanco-Martínez *et al.*, 2012), enquanto os dugongos podem ingerir entre 28 e 40 kg. As tartarugas marinhas, por sua vez, consomem até 2,5% do seu peso corporal em algas e/ou angiospermas marinhas diariamente, podendo atingir até 2 kg de angiospermas marinhas por dia (Hadjichristophorou, 1983; Aragones, 1996; Marsh; O'Shea; Reynolds, 2011; Sievers *et al.*, 2019). Ambos os grupos de megaherbívoros marinhos apresentam tempos de digestão que variam: de 6 a 8 dias para dugongos e de 7 a 14 dias para tartarugas marinhas verdes, sendo essas variações dependentes do tipo de alimento consumido, uma vez que dietas herbívoras exigem maior tempo para digestão (Hadjichristophorou, 1983; Lanyon; Marsh, 1995; Brand; Lanyon; Limpus, 1999). Esses organismos possuem características que se traduzem em altas taxas de consumo, acompanhadas de uma digestão relativamente lenta (Tol *et al.*, 2017).

A eficiência digestiva do peixe-boi amazônico tem sido relatada entre 44% e 68% (Best, 1981). Por sua vez, a digestibilidade do peixe-boi da Flórida varia de 68% a 91% (Burn, 1986; Harshaw, 2012; Lomolino; Ewel, 1984), enquanto para o peixe-boi das Antilhas (ou peixe-boi-marinho) essa variação é encontrada entre 93,4% e 94,6% (Jiménez-Domínguez, 2006). Sugerindo que indivíduos cuja dieta é composta por angiospermas marinhas necessitam de uma biomassa maior para atender às suas exigências nutricionais (Worthy; Worthy, 2014).

Ademais, a digestibilidade do *Sphyrna tiburo* apresenta-se comparável à das tartarugas marinhas verdes juvenis (*Chelonia mydas*), com uma digestibilidade média da matéria orgânica das angiospermas marinhas de 44,7%. À medida que as tartarugas marinhas verdes amadurecem, observam-se transformações em sua dieta, tornando-se quase exclusivamente herbívoras, com um aumento na digestibilidade, a qual alcança uma média de 64,6% para a matéria orgânica das angiospermas marinhas (Bjorndal, 1980; Leigh; Papastamatiou; German, 2018). Entre os fatores que influenciam a eficiência digestiva, destaca-se a própria dieta, uma vez que a composição nutricional das plantas varia em função de fatores intrínsecos da espécie, especialmente no que concerne ao teor de fibra (Barros, 2017). Assim, a eficiência digestiva é um parâmetro flexível que

se adapta às características específicas da espécie, de sua dieta e de suas necessidades metabólicas (Hume, 2005).

Os sirênios adaptaram seus tratos digestivos e funções relacionadas à digestão ao seu comportamento alimentar herbívoro, apresentando pelo menos duas funções digestivas que favorecem a absorção adequada de nutrientes. Primeiramente, o prolongamento do tempo de retenção de alimentos é facilitado pela presença de um intestino longo. Em segundo lugar, os sirênios apresentam uma microflora rica em seus tratos digestivos, especialmente no ceco e no intestino grosso, o que melhora a capacidade de degradação da fração fibrosa e a absorção de energia (Aketa; Kawamura, 2001).

Essas espécies possuem intestinos delgado e grosso excepcionalmente longos que facilitam a quebra do material vegetal em partículas menores, ao mesmo tempo que aumentam os tempos de retenção. Ao contrário de outros mamíferos, nos sirênios a absorção de nutrientes ocorre primariamente no intestino grosso (Horstmann, 2018). Sua capacidade de digerir fibras é superior à de outros herbívoros (Best, 1981; Burn, 1986; González-Socoloske, 2013; Lomolino; Ewel, 1984), o que permite que, apesar da alta concentração desse componente em sua dieta, sua digestibilidade geral seja maior, potencializando a absorção de nutrientes.

Os dugongos atuam como fermentadores no intestino posterior, de forma análoga a cavalos e elefantes, e dependem de organismos simbióticos no ceco e no cólon para fermentar a fração fibrosa de sua dieta. Mamíferos herbívoros, como os dugongos, não produzem enzimas suficientes para a digestão da celulose e de outros elementos fibrosos presentes em suas dietas (Van Soest, 1994). Assim, uma região do seu trato digestivo está adaptada para abrigar bactérias simbióticas, protozoários e fungos que possuem a capacidade de hidrolisar celulose, hemicelulose e outras substâncias que são resistentes às enzimas digestivas do animal. Os principais produtos orgânicos finais dessa digestão fermentativa são os ácidos graxos voláteis (AGV), que os herbívoros absorvem e utilizam como fontes de energia (Parra, 1978; Van Soest, 1994).

Das 26 espécies de angiospermas marinhas que co-ocorrem nas águas australianas, 24 são compartilhadas na dieta dos dugongos (Marsh; O'Shea; Reynolds, 2011). Na região Nordeste do Brasil, a dieta do peixe-boi-marinho inclui algas verdes, marrons e vermelhas, sendo as angiospermas marinhas, como *Halodule wrightii*, o principal componente alimentar (Borges *et al.*, 2008). Essa região costeira apresenta habitats favoráveis a esses animais, caracterizados pela disponibilidade alimentar, águas quentes e rasas, refúgios, além de uma variedade de estuários e baías que proporcionam fontes de água doce (Lima *et al.*, 1992). Dentre as seis espécies de angiospermas marinhas que ocorrem no litoral nordestino, todas são consumidas por peixes-bois-

marinhos (Short *et al.*, 2011; Alves, 2013; Barros, 2017; Attademo *et al.*, 2022), sendo que *Halophila decipiens*, *Halodule wrightii* e *Halodule beaudettei* também estão presentes na dieta da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) (Borges *et al.*, 2008; Howell *et al.*, 2016; Stringell *et al.*, 2016; Silva, 2021). Além disso, outras espécies de tartarugas marinhas, como a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), consomem angiospermas marinhas, incluindo *Halophila sp.* e *Halodule sp.* (Méndez Salgado *et al.*, 2020; Guebert-Bartholo *et al.*, 2011) conforme relatado na literatura.

As diferenças nas taxas de herbivoria entre os táxons vegetais podem ser atribuídas a variações na qualidade das plantas (Cronin *et al.*, 2002). Acredita-se que a seleção de recursos alimentares pelos dugongos seja determinada pela disponibilidade de espécies de angiospermas marinhas de alta qualidade nutricional (Heinsohn; Birch, 1972; Marsh *et al.*, 1982; Lanyon *et al.*, 1991; Preen, 1995; Aragonés *et al.*, 2006; Sheppard *et al.*, 2006).

## **1.6 Impactos e Ameaças nos Prados de Angiospermas Marinhas**

As pradarias de angiospermas marinhas tropicais enfrentam ameaças significativas devido à eutrofização, alterações na utilização do solo, perturbações físicas e aquecimento global (Orth *et al.*, 2006; Waycott *et al.*, 2009). Desde o final do século XIX, aproximadamente 30% da área global ocupada por angiospermas marinhas foi perdida, e pelo menos 22 das 72 espécies conhecidas de angiospermas marinhas estão em declínio. Além disso, apenas 26% das angiospermas marinhas conhecidas ocorrem em áreas protegidas, enquanto a maior parte não é abrangida por planos de gestão e não está resguardada contra impactos antropogênicos (Potouroglou *et al.*, 2020; Pnuma, 2020; Dunic *et al.*, 2021).

Estudos revelaram uma trajetória global de declínio em todas as biorregiões, resultando em uma perda líquida global de 5602 km<sup>2</sup> (19,1% da área de pradarias pesquisada) desde 1880. As maiores perdas líquidas de área foram observadas em quatro biorregiões específicas: Atlântico Tropical, Atlântico Norte Temperado Leste, Oceanos Antárticos Temperados e Indo-Pacífico Tropical. Os estudos identificaram doze fatores distintos que ocasionam a alteração da área dos prados, sendo o desenvolvimento costeiro e a qualidade da água os mais frequentemente mencionados (Dunic *et al.*, 2021).

Taxas de declínio de 7% ao ano foram estimadas para as pradarias de angiospermas marinhas a nível global, com 58% das pradarias monitorizadas apresentando declínios (Waycott *et al.*, 2009). Prevê-se que, até o final do século XXI, os ecossistemas costeiros que apresentam vegetação estejam em alto risco de perdas locais (Lima *et al.*, 2023). A elevada taxa global de

declínio torna esses ecossistemas um dos mais ameaçados e vulneráveis do planeta (Ricart *et al.*, 2021). Ademais, as pressões sobre esses ecossistemas são exacerbadas pelas alterações climáticas, que afetam os padrões de chuva, aceleram a desertificação e aumentam as temperaturas do oceano. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o nível do mar aumentou 2 mm por ano ao longo dos últimos 100 anos e espera-se que essa taxa chegue a 5 mm por ano durante o século XXI (IPCC, 2019).

Paralelamente, os oceanos têm sido continuamente poluídos por resíduos plásticos. Pesquisas indicam que, até 2050, a quantidade de plástico no oceano poderá superar a de todos os peixes existentes. Esses resíduos representam 80% de toda a poluição marinha, com aproximadamente 8 a 10 milhões de toneladas métricas de plástico sendo despejadas no oceano anualmente, resultando em uma estimativa entre 50 e 75 trilhões de pedaços de plástico e microplásticos presentes nos oceanos (Unesco, 2022). Infelizmente, essas pressões têm conduzido à perda de biodiversidade, à alteração na distribuição de ecossistemas marinhos e à diminuição do valor ecológico dos ecossistemas costeiros (United Nations, 2021).

A eutrofização constitui uma grave ameaça aos ecossistemas de angiospermas marinhas em todo o mundo (Short; Wylie-Echeverria, 1996; Kenworthy *et al.*, 2006). As perturbações resultam na formação de lacunas nos leitos de angiospermas marinhas, iniciando um processo de recuperação que pode levar anos, apresentando uma ampla variação nas taxas de recuperação (Williams, 1990; Rasheed, 2004). Apesar disso, os ecossistemas de angiospermas marinhas demonstram resiliência a perturbações, mesmo que estas possam causar danos ou remover a biomassa dessas plantas (O'Brien *et al.*, 2018). A espécie *Halophila decipiens* conseguiu recuperar suas taxas de biomassa e cobertura pré-perturbação em um prazo de 6 meses, por meio de expansão vegetativa e reprodução sexual (Williams, 1988). Em contrapartida, a recuperação da *Halodule wrightii* após cicatrização da âncora foi mais lenta, variando de 7 meses a 4 anos (Dawes *et al.*, 1997; Williams, 1990).

O declínio na cobertura de angiospermas marinhas não apenas poderá resultar na perda de produtividade primária e biodiversidade, mas também poderá causar erosão generalizada e alteração do habitat químico natural e dinâmico nas baías tropicais (Nagelkerken, 2009; McLeod *et al.*, 2011). Portanto, os habitats de angiospermas marinhas em regiões costeiras são altamente vulneráveis ao aumento dos impactos das ondas, à erosão dos sedimentos e ao soterramento (Copertino *et al.*, 2016). No Brasil, os esforços de conservação têm focado em pesquisas sobre importantes herbívoros que se alimentam de angiospermas marinhas, como o *Trichechus manatus manatus* e a *Chelonia mydas* (De Meirelles *et al.*, 2022).

## 2 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE ANGIOSPERMAS MARINHAS NO LITORAL DO CEARÁ

### RESUMO

As angiospermas marinhas são essenciais nos ecossistemas marinhos, destacando seus serviços ecossistêmicos, como a produção de alimento e fornecimento de habitat para diversas espécies, incluindo espécies ameaçadas de extinção. Além disso, desempenham papel vital na proteção dos organismos marinhos e na promoção da biodiversidade. Contudo, há uma lacuna no conhecimento sobre a composição nutricional de várias espécies de angiospermas marinhas, sendo esta composição crucial para avaliar seu valor como alimento para megaherbívoros, como peixes-bois e tartarugas-verdes, a falta de dados sobre a composição nutricional dessas espécies limita as estratégias de conservação e manejo. Este estudo tem como objetivo analisar a composição nutricional de cinco espécies de angiospermas marinhas do litoral cearense. Para isso, a metodologia baseou-se no Compendio Brasileiro de Alimentação Animal publicado em 2023. Os resultados demonstraram que as angiospermas marinhas apresentaram moderado teor de proteína, alto teor de fibras e baixo teor de gordura. Maior quantidade de PB e EB foram encontradas na parte aérea, enquanto FDN, FDA e MM foram maiores para a parte subterrânea no gênero *Halodule*. Os dados sugerem que as angiospermas marinhas são potencialmente nutritivas, podendo subsidiar estudos futuros sobre exigências nutricionais, auxiliando na reabilitação de espécies ameaçadas, conservação da megafauna, formulação de técnicas de manejo e, possivelmente, para garantir a sustentabilidade desses ecossistemas.

**Palavras-Chaves:** composição nutricional; animais marinhos; angiospermas marinhas.

## ABSTRACT

Seagrassess are essential in marine ecosystems, highlighting their ecosystem services, such as food production and habitat provision for various species, including endangered species. In addition, they play a vital role in protecting marine organisms and promoting biodiversity. However, there is a gap in knowledge about the nutritional composition of several species of seagrassess, and this composition is crucial to assess their value as food for megaherbivores, such as manatees and green turtles, the lack of data on the nutritional composition of these species limits conservation and management strategies. This study aims to analyze the nutritional composition of five species of seagrassess from the coast of Ceará. For this, the methodology was based on the Brazilian Compendium of Animal Feed published in 2023. The results showed that seagrassess had moderate protein content, high fiber content and low-fat content. A higher amount of PB and EB were found in the aerial part, while FDN, FDA and MM were higher for the underground part in the genus *Halodule*. The data suggest that seagrassess are potentially nutritious, and nutritional analysis is fundamental for the rehabilitation of endangered species, conservation of megafauna, formulation of management techniques and to ensure the sustainability of these ecosystems.

**Keywords:** nutritional composition; marine animals; seagrass.

## 2.1 Introdução

As angiospermas marinhas realizam diversos serviços ecossistêmicos, entre eles, atuam como fonte produtora de alimento, como barreira contra o deslocamento de matéria orgânica em suspensão, como reguladora do oxigênio dissolvido na água e possuem relevância nos serviços prestados à comunidade local (Short *et al.*, 2006; Marques; Creed, 2008). Além disso, possuem um sistema subterrâneo de raízes e rizomas, onde as folhas podem emergir para a coluna d'água (Fitrian; Kusnadi; Persilette, 2017).

Devido à estrutura formada pelas raízes e rizomas, os prados fornecem um local de desova, proteção, alimentação e desenvolvimento para organismos ameaçados de extinção ou com valor comercial, dos quais podemos citar espécies de moluscos, crustáceos, mamíferos marinhos, aves migratórias, peixes e tartarugas (Duarte, 2002; Short *et al.*, 2007; Martínez-Daranas; Cano Mallo; Clero Alonso, 2009; Vibol *et al.*, 2010; Short *et al.*, 2011; Short; Short; Novak, 2016; Barros *et al.*, 2017; Congdon *et al.*, 2018; Cullen-Unsworth; Unsworth, 2018; Irawan *et al.*, 2018; Martínez Daranas; Suárez, 2018; York *et al.*, 2018; Unsworth; Nordlund; Cullen-Unsworth, 2019).

É registrada a ocorrência, atualmente, de seis espécies de angiospermas marinhas no Brasil: *Halophila baillonii* Ascherson, *Halodule beaudettei* Hartog, *Halophila decipiens* Ostenfeld, *Halodule wrightii* Ascherson, *Halodule emarginata* Hartog e *Ruppia maritima* Lipkin (Copertino *et al.*, 2016; Magalhães; Barros, 2017). De acordo com Attademo *et al.* (2022), as seis espécies de angiospermas encontradas no Nordeste do Brasil estão presentes no guia de alimentos para peixes-bois-marinhos, espécie classificada como “em perigo de extinção” (EN) em meio às espécies listadas no Livro Vermelho da Fauna Brasileira (Icmbio, 2022), sendo as angiospermas marinhas também um dos principais alimentos para a tartaruga-verde (Borges, 2008).

Entretanto, vários são os fatores que podem ter um grande impacto destrutivo sobre as pradarias marinhas, entre eles o desmatamento da vegetação costeira, incluindo a destruição direta de manguezais e marismas, o fluxo e ancoragem de embarcações, o avanço da urbanização em áreas litorâneas e o lançamento de efluentes (Serrano *et al.*, 2016). Estudos têm investigado a relações entre a fauna de moluscos e as plantas marinhas, observando preferências alimentares das espécies de pastejo e os efeitos de suas atividades sobre as folhas (Van Montfrans *et al.*, 1982, Marbà *et al.*, 1996, Zimmerman *et al.*, 1996; Rueda; Salas, 2007). Contudo, apesar de estudos também investigarem a relação do consumo de angiospermas marinhas por megaherbívoros, pouco se sabe sobre a forma de pastejo e da composição nutricional das diferentes espécies e partes dessas plantas.

Compreender o papel dos nutrientes das angiospermas marinhas tem consequências cada vez mais importantes, não apenas para a ecologia marinha básica, mas também para a conservação e gestão destes recursos ecologicamente e economicamente importantes, visto sua ligação direta como itens dietéticos para táxons vulneráveis da megafauna marinha (Duarte, 2002; Sievers *et al.*, 2019). Dessa forma, estudos dos nutrientes das angiospermas marinhas são necessários para compreender melhor os fatores que determinam o ferrageamento para aquisição de nutrientes. Avaliar a qualidade nutricional dessas plantas ajudará a compreender a dieta de megaherbívoros de uma forma mais holística (Orth; Heck, 2023).

Visando abordar a problemática sobre a necessidade da análise bromatológica das espécies de angiospermas marinhas, esse trabalho justifica-se para que esforços subsequentes possam ser adequadamente direcionados e para possibilitar ferramentas para o manejo e a conservação, subsidiando discussões sobre o uso e a conservação desses recursos naturais no Nordeste e no Brasil. Assim, a compreensão da ecologia nutricional de megaherbívoros requer conhecimento da dinâmica interativa entre o animal (comportamento alimentar) e suas plantas alimentícias (perfil nutricional) (Sheppard; Lawler; Marsh, 2007). Tratando-se de angiospermas marinhas, poucas espécies foram, minimamente, estudadas em relação à composição nutricional no Brasil. Limitadas informações a respeito da composição nutricional estão disponíveis e, na maioria, quando encontradas, são pesquisas realizadas em outros países para espécies, mas em condições edafo-climáticas muito distintas (Dawes; Lawrence, 1980; Dawes, 1986; Aketa; Kawamura, 2001; Ballard, 2004; Siegall-Wilott *et al.*, 2010; Rengasamy, 2013).

Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa é analisar a composição nutricional das espécies de angiospermas marinhas do litoral cearense. Os resultados aqui apresentados são indicativos preliminares do potencial nutritivo das espécies analisadas, sendo os aspectos nutricionais fundamentais nos programas de reabilitação.

As regiões costeiras têm sido propostas como áreas de conservação prioritárias para a megafauna marinha (Davidson *et al.*, 2012; Sequeira *et al.*, 2018). Entretanto, ainda são necessárias informações mais detalhadas sobre a importância das angiospermas marinhas para a compreensão da dinâmica de megaherbívoros e para a sua conservação no Brasil. Este trabalho visa preencher essa lacuna, destacando o papel ecológico das angiospermas marinhas na manutenção da produtividade, da estrutura de habitat e da ciclagem de nutrientes, bem como suas implicações para a proteção da megafauna e da biodiversidade associada. Espera-se contribuir para a formulação de estratégias que garantam um futuro sustentável para essas plantas e para as múltiplas formas de vida que elas sustentam.

## 2.2 Aspectos Gerais Sobre o Tema

Pode-se conceituar bromatologia como o estudo dos alimentos (Rodrigues, 2009; Rodrigues, 2017). Na bromatologia, é realizado o estudo dos alimentos sob o ponto de vista de sua composição química, ou seja, estudam-se componentes químicos estruturalmente definidos que compõem os alimentos. Entre esses compostos químicos estão a água, os carboidratos, os lipídios, as proteínas e os minerais (Bolzan, 2013). Sendo os nutrientes os constituintes dos alimentos que auxiliam na manutenção da vida (Romero; Lee, Mateo, 2006).

O conhecimento do valor nutritivo de um determinado alimento, além de ser a forma mais eficiente de identificarmos o teor de nutrientes, é também condição básica para a adoção de práticas de manejo (Genro; Orqis, 2008). Portanto, o resultado de uma análise química torna-se uma importante ferramenta, por exemplo, para o balanceamento correto da dieta dos animais (Serafim; Antonelli; Santos, 2017). Na quantificação analítica do valor nutritivo dos alimentos, são utilizados vários parâmetros, como matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) ou nitrogênio total (N), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) e constituintes secundários que podem interferir na ingestão e utilização da matéria vegetal consumida (Carvalho, 2021).

O efeito da alimentação de megaherbívoros em angiospermas marinhas é complexo e pode ser medido em diferentes escalas, por exemplo: a área perturbada por dia por um animal individual; o efeito de um grande grupo de animais em uma comunidade vegetal individual; a biomassa vegetal acima e abaixo do solo; composição de espécies vegetais, nutrientes vegetais (Marsh; Grech; Mcmahon, 2018). A vegetação pode ser alcançada pelos sirênios em sua totalidade (quando os rizomas estão acessíveis) ou parcialmente (quando apenas as folhas estão acessíveis) (Aragones *et al.*, 2006; Marshall *et al.*, 2003). Esse comportamento pode estar associado ao fato da composição bromatológica dos alimentos variar de acordo com a parte da planta ingerida (Werner, 1993), bem como com a espécie, idade, época do ano e fertilidade do solo (Siegal-Willott *et al.*, 2010; Werner, 1993).

As plantas vasculares aquáticas submersas, incluindo as angiospermas marinhas, podem absorver nutrientes não apenas através das raízes, mas também através das folhas (Pedersen *et al.*, 1997). Além disso, a disponibilidade dos nutrientes, a absorção e a assimilação em grande parte dependem da biomassa ou, mais diretamente, da área superficial do material vegetal interagindo com a água circundante (Romero *et al.*, 2006; Tango *et al.*, 2021).

Do ponto de vista de um herbíboro, a qualidade nutricional de uma planta depende do seu conteúdo de nutrientes e da capacidade do animal de extrair os nutrientes (Marsh, 2018). O teor de nutrientes nas angiospermas marinhas é um fator regulador, com um maior teor de nutrientes podendo conduzir a uma maior herbivoria (Lalli; Parsons, 1993; Duarte, 1995; Valiela, 1995). As variações nas pradarias podem ocorrer por efeito de variáveis ambientais relacionadas às mudanças de estações do ano, como alterações de salinidade, aumento na turbidez e no aporte de sedimento, mudanças na temperatura e índices de precipitação pluviométrica (Short, 1987; Pulich, 1985; Short *et al.*, 2007; Collier *et al.*, 2014).

Estas plantas existem em áreas afetadas pelo fluxo das marés, o que pode levar à dessecação das folhas, e limitar a distribuição em profundidade e a disponibilidade de luz dos habitats, portanto, o fluxo de nutrientes para áreas profundas da copa pode ser limitado (Koch *et al.*, 2006). Os nutrientes do material vegetal são convenientemente divididos nos componentes que constituem a estrutura das plantas (parede celular) e nos nutrientes contidos no interior da parede celular (conteúdo celular). Os herbívoros obtêm energia do material vegetal através da quebra enzimática do conteúdo celular e da fermentação microbiana das paredes celulares (Keys *et al.* 1969; Van Soest, 1994). Os componentes das paredes celulares das plantas são celulose, hemicelulose e polímeros relacionados, principalmente lignina (Parra, 1978). Já o conteúdo celular (carboidratos solúveis, proteína, minerais e vitaminas) (Van Soest, 1994).

Os herbívoros passam grande parte do seu tempo comendo e “processam” grandes quantidades de alimentos através de seus tratos alimentares porque a proporção de nitrogênio para fibras e carboidratos nas plantas alimentícias é relativamente baixa. Estudos publicados para populações em herbívoros (vertebrados e invertebrados) revelam que muitas espécies exibem as seguintes semelhanças em suas ecologias: Os animais individuais alimentam-se seletivamente (não apenas em espécies específicas de plantas, mas em certas partes das plantas) (White, 1978).

Com o crescimento do vegetal, ocorrem alterações a nível de tecidos, que resultam na elevação dos teores de compostos estruturais (celulose, hemicelulose e lignina) e diminuição de conteúdo celular (carboidratos solúveis, proteína, minerais e vitaminas), consequentemente reduzindo a digestibilidade (Van Soest, 1994). A idade dos tecidos (as raízes têm uma vida útil mais longa) e as diferenças nos processos de translocação dentro da planta são fatores que podem contribuir para as diferenças relatadas (Lewis; Devereux, 2009). Raízes e rizomas geralmente tendem a ter uma menor concentração de nutrientes do que as folhas, levando à decomposição mais lenta da biomassa abaixo do solo do que acima do solo (Laffoley; Grimsditch, 2009). Sugere-

se que a absorção de nutrientes deve ser mais elevada na porção superior da copa (Nepf; Vivoni, 2000).

Estudos de ecologia alimentar específica de peixe-boi em áreas costeiras do Brasil e Estados Unidos foram realizados, encontrando os seguintes valores: umidade (54,6-96,6%), proteína (2,7-29,6%), extrato etéreo (0,4-6,7%) e cinzas totais (5,5-65,4%) (Siegal-Willott *et al.*, 2010; Barros, 2017; Rodrigues, 2018; Guterres-Pazin *et al.*, 2024). No Ceará, existem áreas importantes de ocorrência do peixe-boi-marinho, como o Município de Barroquinha (litoral oeste), no qual a foz dos rios Timonha e Ubatuba formam um estuário com planícies recobertas por manguezais (Ibama, 1998), e nos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí (litoral leste), este na divisa com o Rio Grande do Norte (Aquasis, 2003). Desse modo, o município de Icapuí possui bancos de macroalgas e capim-agulha, itens que constituem a dieta natural da espécie (Choi, 2011).

## 2.3 Objetivos

### 2.3.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como finalidade caracterizar a composição nutricional das angiospermas marinhas presentes no litoral cearense, com o propósito de fornecer subsídios para a conservação, bem como contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo e nutrição direcionadas a megaherbívoros marinhos.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o teor de nutrientes (Matéria Seca, Matéria Mineral, Proteína Bruta, Fibra em Detergente Neutro, Fibra em Detergente Ácido, Extrato Etéreo e Energia Bruta) nas diferentes espécies de angiospermas marinhas identificadas no litoral cearense;
- Comparar o conteúdo nutricional entre as partes aéreas e subterrâneas das espécies de angiospermas marinhas do gênero *Halodule*;
- Realizar a análise do conteúdo nutricional das cinco espécies de angiospermas marinhas encontradas na região do litoral cearense.

## 2.4 Material e Métodos

### 2.4.1 Área de Estudo

As angiospermas marinhas foram coletadas ao longo do litoral cearense (Figura 02), durante o monitoramento do projeto intitulado “Pradarias Marinhas da Costa do Estado do Ceará: Mapeamento, Biodiversidade e Estoques de Carbono Azul” (FUNCAP PS1-00186-00374.01.00/21). A espécie *Halodule wrightii*, *Halodule emarginata* e *Ruppia maritima* foram coletadas no município de Icapuí – Ceará, no Banco dos Cajuais ( $4^{\circ}40' 58''$  S,  $37^{\circ} 20' 35''$  W), Praia da Placa ( $4^{\circ}41' 37''$  S,  $37^{\circ} 20' 22''$  W) e Salinas ( $4^{\circ}42' 58''$  S,  $37^{\circ} 20' 5''$  W), respectivamente. A espécie *Halodule beaudettei* foi coletada no município de Barroquinha – Pontal das Almas ( $4^{\circ}48' 28''$  S,  $40^{\circ} 15' 96''$  W). Enquanto a espécie *Halophila decipiens* foi coletada no município de Acaraú – Espraiado ( $2^{\circ}50' 6''$  S,  $39^{\circ} 59' 25''$  W).

Figura 02 - Mapa das Áreas de Estudo



No Ceará, as coletas ocorreram no município de Icapuí, na costa leste do estado, região Nordeste do Brasil. O Banco dos Cajuais abrange um total de 540 hectares, sendo parte do Sistema Estuarino de Barra Grande, possuindo um extenso banco de areia e lama na zona entremarés, apresentando uma variedade de habitats de manguezal, estuário e salinas que abrigam elevada diversidade de animais marinhos e aves migratórias (Burger *et al.*, 2019). O manguezal está situado na região conhecida como Barra Grande, compreende uma grande área de inundação das marés, estendendo-se a leste pela Praia da Placa. A origem e desenvolvimento da planície costeira dessa região são influenciados pelas variações no nível do mar, pelas flutuações entre padrões climáticos que vão desde condições mais úmidas até as mais áridas e semiáridas, bem como as ondas, ventos, marés, chuvas, gravidade e dinâmica hídrica tanto na superfície quanto no subsolo (Meireles *et al.*, 2012).

Pontal das Almas é uma praia localizada na cidade de Barroquinha no estado do Ceará, localizada a 447 km de Fortaleza. O sistema estuarino localiza-se na região semi-árida do Brasil e é formado pelos rios Timonha e Ubatuba que são rios intermitentes (Morais; Dias; Pinheiro, 2014). O período chuvoso ocorre entre janeiro e junho, e o de estiagem, entre julho e dezembro (Nascimento; Sassi, 2009). O sistema estuarino Timonha e Ubatuba localiza-se numa região de mesomaré representada por ondas semidiurnas com período médio de 12,4 h. De acordo com dados observados no Porto de Luís Correia a amplitude em maré de sizígia chega a 3,4 m reduzindo-se a menos de 1 m (Dias, 2005).

A praia de Espraiado situa-se no município de Acaraú, com dimensão aproximada de 500 km<sup>2</sup>, no qual inclui a praia Espraiado e Volta do Rio. Essa área corresponde a uma região que sofreu ao longo dos anos processos erosivos e deposicionais marcantes por apresentar uma morfologia costeira instável e caracterizada por pontais arenosos (Morais *et al.*, 2015). O município de Acaraú está localizado no litoral oeste do estado do Ceará, o que lhe confere a predominância do clima tropical quente semiárido brando. As temperaturas chegam a variar entre 26°C e 28°C e a pluviosidade média é de 1.139,7 mm anuais com chuvas que se concentram no primeiro semestre do ano, nos meses de janeiro a abril, segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (Ipece, 2014).

#### 2.4.2 Procedimentos em campo

Para a realização dos campos foi solicitado o comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da

Biodiversidade – ICMBio, por meio do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, com as autorizações de número: 89408-1 (ANEXO A). O material foi coletado entre julho de 2023 a julho de 2024, na maré baixa de sizígia durante o dia, com variação entre os níveis de 0,0 m e 0,4 m, utilizando as tábuas de marés do Centro de Hidrografia da Marinha. Três amostras de cada espécie foram coletadas em cada pradaria ou mancha de angiospermas marinhas, com o auxílio de um amostrador. As amostras foram cuidadosamente lavadas com água do mar para remover epífitas, areia e detritos. As algas epífitas restantes, invertebrados, areia e detritos foram removidos manualmente.

Para saber se a planta seria analisada inteira ou dividida (em parte aérea e subterrânea), levou-se em consideração os seguintes aspectos: (a) Comportamento alimentar dos megaherbívoros relatados na literatura; (b) Morfologia das plantas; (c) Tamanhos dos prados encontrados durante o campo. Desse modo, *Halophila decipiens* e *Ruppia maritima* permaneceram inteiras, enquanto *Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei* e *Halodule emarginata* foram separadas em parte aérea (folha/bainha) e subterrânea (rizoma/raízes).

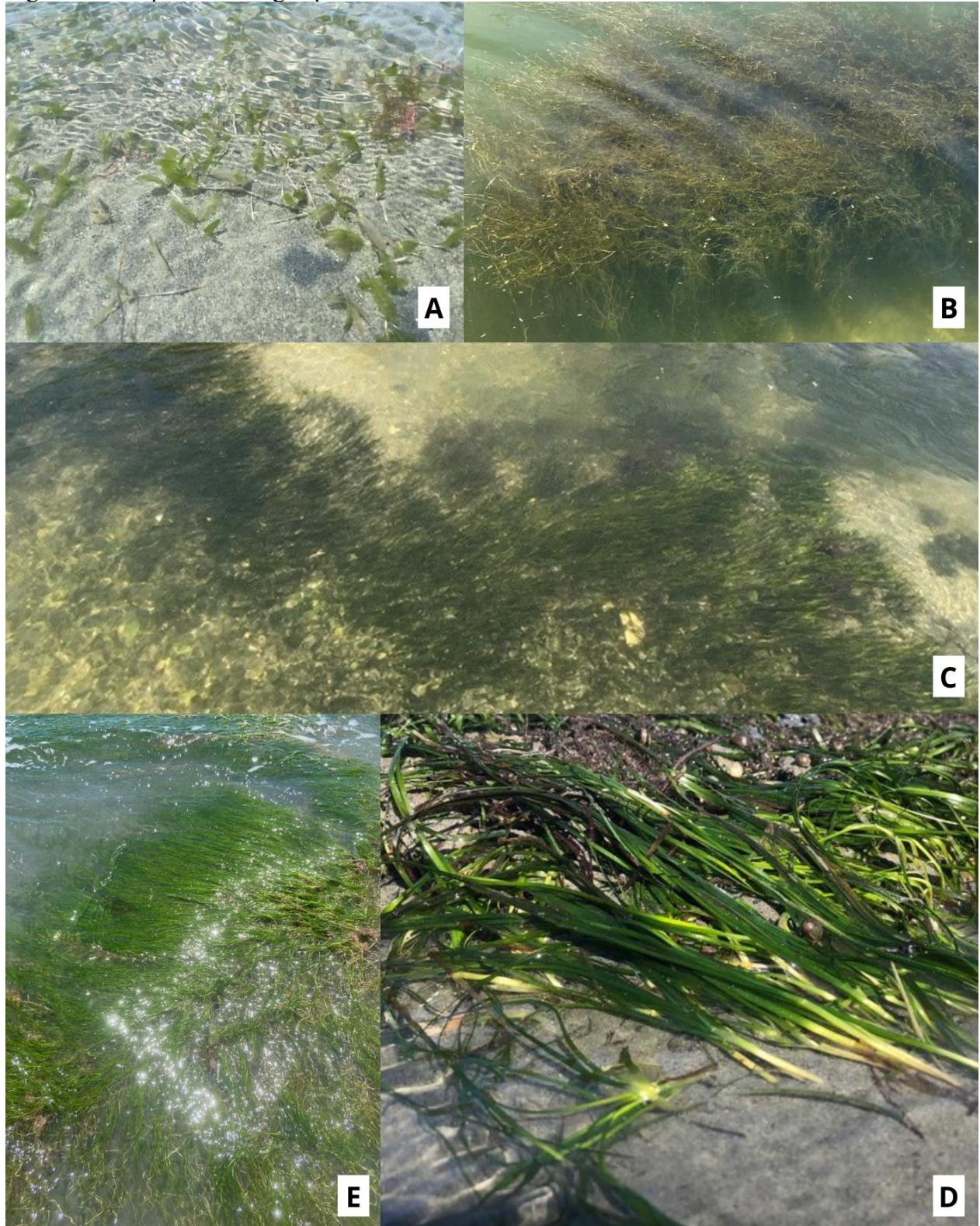
As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas até as análises em laboratório. Em seguida, foram liofilizadas e moídas, armazenadas em frascos de vidro rotulados hermeticamente e colocadas em um dessecador em temperatura ambiente. Também foram coletadas amostras para exsicatas e análises morfológicas. As espécies foram identificadas de acordo com as descrições da literatura especializada (Oliveira-Filho *et al.*, 1983; Creed, 2003; Kuo; Hartog, 2001; Hartog; Kuo, 2006), e posteriormente descritas quanto aos seus caracteres morfológicos: folhas (ápice cúspide, bidentada, tridentada), flores, frutos, sementes, rizoma e raiz.

A avaliação morfométrica foi realizada considerando cinco folhas inteiras de cada espécie de planta presente na amostra, de cinco pontos selecionados (Norte, Sul, Leste, Oeste, Central), observando-se a forma do ápice, comprimento e as larguras do ápice, meio e base das folhas. Das cinco espécies descritas nesse trabalho (Figura 03), todas são nativas, das quais quatro são não endêmicas e uma é endêmica do Brasil. Os espécimes adicionais coletados foram herborizados, tombadas e depositados no Laboratório de Zoobentos da Universidade Federal do Ceará. Os locais de coleta foram georreferenciados por meio de receptor GPS (sistema de posicionamento global).

Durante os campos foram identificadas quatro espécies de angiospermas marinhas para o município de Icapuí, das quais apenas *Halophila decipiens* e *Halodule wrightii* já foram tratados anteriormente em publicações (Moretz-Sohn; Carvalho; Soares, 2013; Matias, *et al.*, 2017). É

apresentado, portanto, as primeiras descrições formais das outras duas espécies: *Halodule emarginata* e *Ruppia maritima* para a região (Rocha-Barreira *et al.*, em preparação).

Figura 03 – Espécies de angiospermas marinhas coletadas no litoral do Ceará



A=*Halophila decipiens*; B=*Ruppia maritima*; C=*Halodule emarginata*; D=*Halodule beaudettei*; E=*Halodule wrightii*

#### 2.4.3 Procedimentos em laboratório

As análises foram realizadas no laboratório LaborNutri, localizado na cidade de Uberlândia - Minas Gerais. Para realização das análises, o laboratório utiliza o manual Compendio Brasileiro de Alimentação publicado em 2023. O material foi liofilizado e em seguida enviado ao laboratório. Foram realizadas as seguintes análises: Cinzas (Método Gravimétrico-2021.005 mufla 550°C, 3HS) e extrato etéreo (Método SOXHLET 2021.014), proteína bruta (Método KJELDAHL 2021.047) fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST-2021.019). A energia bruta (EB) foi obtida através da bomba calorimétrica adiabática (IKA 2600). As análises foram realizadas em triplicata para uma maior confiabilidade dos dados.

#### 2.4.4 Análises de dados

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva, em seguida, os dados foram agrupados e organizados em uma planilha Excel e analisados. Como os dados obtidos não atenderam os pressupostos para análises paramétricas, as comparações entre as espécies testadas e as partes das plantas foram realizadas utilizando testes não-paramétricos univariados e multivariados. As diferenças entre as espécies foram analisadas separadamente através do teste de comparação de médias de Kruskal-Wallis, respectivamente, utilizando o software STATISTICA® versão 7.0 e nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Já as diferenças entre as planta e partes das plantas foram verificadas a partir da Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), utilizando o software PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) versão 6.0 (Clark; Gorley, 2006).

## 2.5 Resultados e Discussão

### 2.5.1 Comparação das Partes Aéreas e Subterrâneas nas Espécies do Gênero *Halodule*

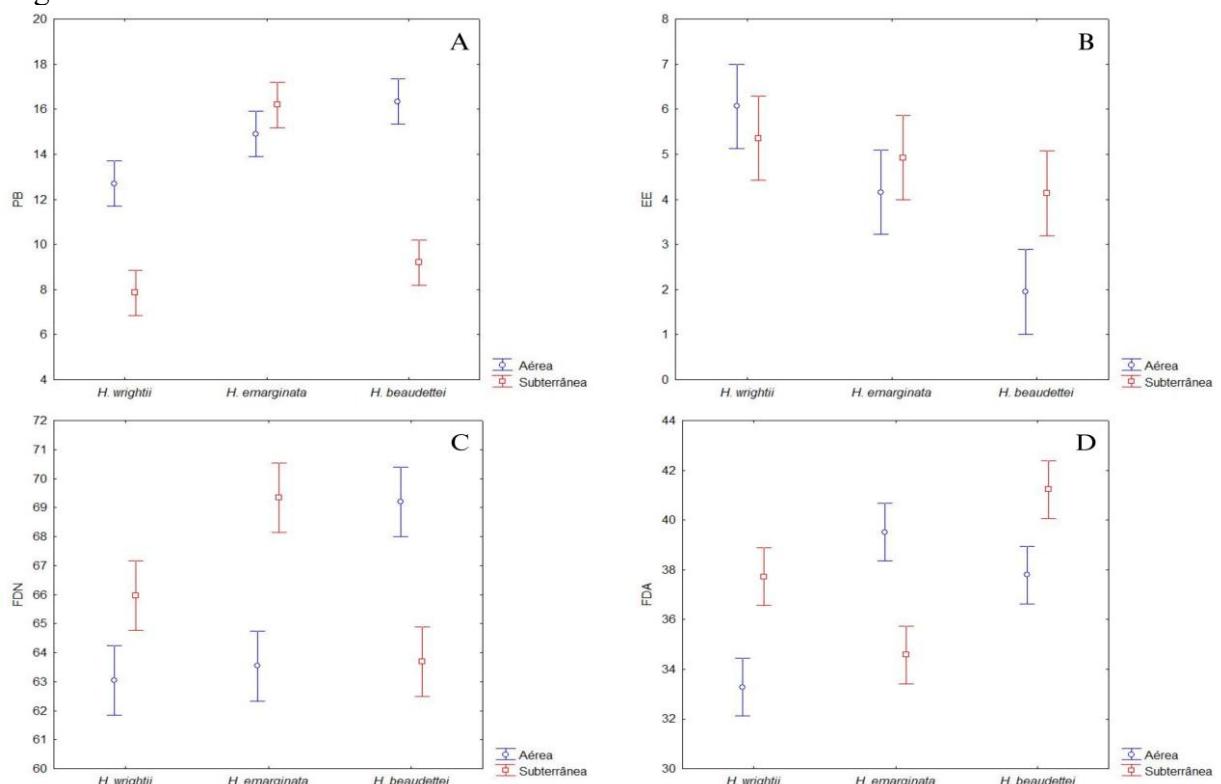
Os resultados da composição nutricional das angiospermas marinhas *Halodule wrightii*, *Halodule emarginata* e *Halodule beaudettei* divididas em parte aérea e subterrânea estão apresentados na Tabela 01 e na Figura 04.

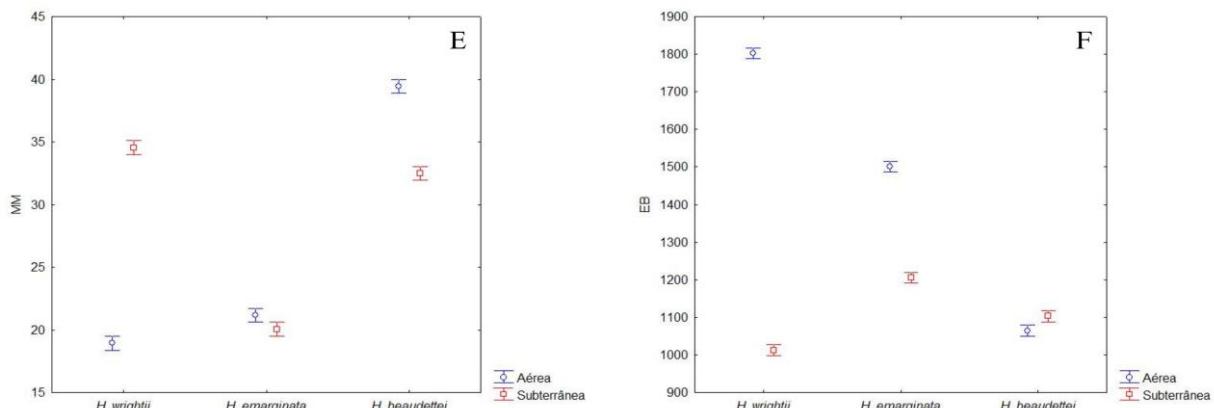
Tabela 01 – Valores da composição nutricional das angiospermas marinhas do gênero *Halodule* presentes no litoral cearense

Espécie	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	MM (%)	EB (Kcal/g)
<i>Hw</i> (A)	15,45 ± 0,07	12,69 ± 0,28	6,06 ± 0,59	63,05 ± 1,25	33,28 ± 1,16	18,94 ± 0,50	1802 ± 0,01
<i>Hw</i> (S)	19,68 ± 0,10	7,86 ± 0,40	5,35 ± 1,05	65,97 ± 0,53	37,71 ± 0,32	34,54 ± 0,10	1012 ± 0,00
<i>He</i> (A)	6,54 ± 0,12	14,90 ± 0,88	4,15 ± 0,67	63,53 ± 0,33	39,50 ± 0,67	21,17 ± 0,43	1500 ± 0,01
<i>He</i> (S)	10,90 ± 0,07	16,19 ± 0,81	4,92 ± 0,15	69,34 ± 0,95	34,57 ± 0,53	20,06 ± 0,33	1205 ± 0,00
<i>Hb</i> (A)	12,79 ± 0,18	16,34 ± 0,64	1,95 ± 0,52	69,19 ± 0,58	37,79 ± 0,83	39,44 ± 0,39	1064 ± 0,01
<i>Hb</i> (S)	12,39 ± 0,03	9,20 ± 0,68	4,13 ± 0,19	63,69 ± 0,67	41,22 ± 0,72	32,49 ± 0,24	1103 ± 0,01
<b>PL</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
<b>PP</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	0,059	<b>0,033</b>	<b>0,049</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
<b>PL x PP</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,015</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>

MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; MM = Matéria mineral; EB= Energia bruta; A=Aérea; S=Subterrânea; Hw= *Halodule wrightii*; He= *Halodule emarginata*; Hb=*Halodule beaudettei*; PL=Planta; PP=Parte da planta. Os dados são valores médios ± desvio padrão, valores em vermelho são significativamente diferentes ( $p<0,05$ )

Figura 04 – Distribuição dos valores da composição nutricional na parte aérea e parte subterrânea no gênero *Halodule*





PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; MM = Matéria mineral; EB= Energia bruta; H= *Halodule*

A análise estatística confirmou que houve uma variação significativa na Matéria Seca (MS) entre as diferentes espécies do gênero *Halodule* e entre as suas partes (áerea e subterrânea) (Tabela 01). Para *Halodule wrightii*, a MS da parte áerea foi de 15,45%, enquanto a parte subterrânea apresentou um valor de 19,68%. Em contraste, *Halodule emarginata* teve valores de 6,54% para a parte áerea e 10,90% para a parte subterrânea. Por sua vez, *Halodule beaudettei* mostrou 12,79% de MS na parte áerea e 12,39% na parte subterrânea. Os valores obtidos no presente estudo para as partes áerea e subterrânea são inferiores aos descritos anteriormente por autores. Dawes e Lawrence (1980) reportaram que o teor de matéria seca nas folhas de *Halodule wrightii* varia entre 25% e 32%, enquanto Siegall-Wilott *et al.* (2010) indicaram valores de 23% a 25% para as folhas e 21% a 27% para os rizomas. A diferença nos teores de umidade pode ser atribuída a vários fatores, incluindo a diversidade das espécies coletadas e os métodos utilizados para a secagem das amostras.

Na análise da Proteína Bruta (PB), *Halodule wrightii* apresentou 12,69% na parte áerea e 7,86% na parte subterrânea. Em *Halodule emarginata*, observou-se 14,90% na parte áerea e 16,19% na parte subterrânea. Já em *Halodule beaudettei*, os valores foram de 16,34% para a parte áerea e 9,20% para a parte subterrânea (Tabela 01). A análise estatística mostrou uma diferença significativa no percentual de PB entre *Halodule wrightii* e *Halodule beaudettei*, com a maior concentração de PB encontrada nas partes áreas das plantas (Figura 04A). A Tabela 02 oferece uma compilação abrangente e detalhada das principais informações retiradas de diferentes estudos realizados anteriormente, os quais, ao serem analisados em conjunto, possibilitam uma melhor compreensão dos resultados alcançados no presente estudo.

Tabela 02 – Composição nutricional de angiospermas marinhas do gênero *Halodule*, *Halophila* e *Ruppia*.

Espécie	Parte	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	MM (%)	EB (Kcal/g)	AUTOR (A)
<i>Halodule wrightii</i>	Aérea	15,45	12,69	6,06	63,05	33,28	18,94	1802	Estudo atual
<i>Halodule wrightii</i>	Subterrânea	19,68	7,86	5,35	65,97	37,71	34,54	1012	Estudo atual
<i>Halodule emarginata</i>	Aérea	6,54	14,90	4,15	63,53	39,50	21,17	1500	Estudo atual
<i>Halodule emarginata</i>	Subterrânea	10,90	16,19	4,92	69,34	34,57	20,06	1205	Estudo atual
<i>Halodule beaudettei</i>	Aérea	12,79	16,34	1,95	69,19	37,79	39,44	1064	Estudo atual
<i>Halodule beaudettei</i>	Subterrânea	12,39	9,20	4,13	63,69	41,22	32,49	1103	Estudo atual
<i>Halophila decipiens</i>	Inteira	8,13	6,35	3,98	60,93	43,22	34,15	1106	Estudo atual
<i>Ruppia maritima</i>	Inteira	11,58	11,63	4,96	62,93	48,03	28,46	1218	Estudo atual
<i>Halodule pinifolia</i>	Inteira	----	10,06	0,33	----	----	31,31	----	Tangon <i>et al.</i> (2021)
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	14,42	8,25	12,1	----	----	17,57	----	Arévalo-González (2020)
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	27,57	12,77	2,1	60,59	----	19,65	3197	Silva (2020)
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	18,56	12,82	----	69,04	49,25	14,00	----	Rodrigues (2018)
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	16,66	14,05	----	67,04	39,39	9,31	----	Rodrigues (2018)
<i>Halodule uninervis</i>	Inteira	----	13,6	5,3	----	----	28,7	----	Imaculate <i>et al.</i> (2018)
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	9,47	8,1	2,33	----	----	27,23	----	Corian-Monter e Duran-Campos (2015)
<i>Halodule pinifolia</i>	Folha	----	7,45	9,56	----	----	24,16	----	Rengasamy (2013)
<i>Halodule wrightii</i>	Rizoma	21 – 27	10 – 17	0,5 – 1,2	19 – 32	10 – 19	48 – 50	----	Siegall-Wilott <i>et al.</i> (2010)
<i>Halodule wrightii</i>	Folha	23 – 25	8 – 18	0,6 – 0,8	23 – 32	17 – 19	34 – 41	----	Siegall-Wilott <i>et al.</i> (2010)
<i>Halodule uninervis</i>	Aérea	----	12,44	----	52,50	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Halodule uninervis</i>	Subterrânea	----	5,62	----	51,41	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Halodule uninervis</i>	Inteira	----	8	----	51,60	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Halophila spinulosa</i>	Aérea	----	7,31	----	52,81	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Halophila spinulosa</i>	Subterrânea	----	4,1	----	50,09	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Halophila spinulosa</i>	Inteira	----	5,5	----	50,83	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Halophila ovalis</i>	Aérea	----	10,25	----	51,14	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Halophila ovalis</i>	Subterrânea	----	4,87	----	46,53	----	----	----	Sheppard <i>et al.</i> (2007)
<i>Ruppia maritima</i>	Semente	----	7,8	----	----	----	3,1	----	Ballard (2004)
<i>Halodule wrightii</i>	Folha	----	18,8	----	----	----	15,6	----	Ballard (2004)
<i>Halodule wrightii</i>	Rizoma	----	7,7	----	----	----	29,1	----	Ballard (2004)
<i>Halophila ovalis</i>	Inteira	14,3	6,2	----	----	----	----	----	Aketa e Kawamura (2001)
<i>Halodule uninervis</i>	Inteira	19,3	8,1	----	----	----	----	----	Aketa e Kawamura (2001)
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	----	10,56	2,12	66,6	48,51	20,67	2436	Magalhães (1999)
<i>Halophila engelmannii</i>	Folha	----	10,4 – 11,5	0,7 – 1,5	----	----	23 – 44	----	Dawes (1987)
<i>Halophila engelmannii</i>	Rizoma	----	5,7 – 7,7	0,1 – 0,8	----	----	----	----	Dawes (1987)
<i>Halodule wrightii</i>	Folha	25 – 32	14 – 19	1 – 3,2	----	----	----	----	Dawes e Lawrence (1980)

MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; MM = Matéria mineral; EB: Energia bruta

Dawes e Lawrence (1980) encontraram 14% a 19% de PB para folhas em *Halodule wrightii*. Ballard (2004) encontrou 18,8% de PB para a folha e 7,7% de PB para o rizoma de *Halodule wrightii*. Siegall-Wilott *et al.* (2010) apresentaram 8% a 18% de PB para a folha e 10% a 17% para o rizoma de *Halodule wrightii*. Os valores obtidos no presente estudo estão, portanto, alinhados com os dados previamente relatados na literatura (Tabela 02). Sendo importante destacar que as diferenças no teor de proteína bruta entre as partes das plantas e entre espécies podem ser atribuídas aos mecanismos biológicos, como a alocação de recursos vegetais para a produção de proteínas. A qual pode variar em função das exigências metabólicas específicas de cada parte da planta, por exemplo, folhas em desenvolvimento podem apresentar concentrações mais elevadas de proteínas, pois desempenham um papel crucial na fotossíntese. Esses fatores podem resultar em perfis proteicos variados, refletindo as estratégias adaptativas de cada espécie em seu ambiente específico (Fagan *et al.*, 2010). Sugere-se que a absorção de nutrientes, como PB deve ser mais elevada na parte aérea (Nepf; Vivoni, 2000).

Em relação ao Extrato Etéreo, observou-se um percentual 6,06% na parte aérea e 5,35% na parte subterrânea em *Halodule wrightii*, 4,15% na parte aérea e 4,92% na parte subterrânea de *Halodule emarginata*, enquanto *Halodule beaudettei* apresentou 1,95% na parte aérea e 4,13% na parte subterrânea. Foi encontrado diferença significativa no percentual de EE em *Halodule beaudettei*, sendo a maior concentração de EE encontrada na parte subterrânea (Figura 04B). Comparando esses dados com a literatura, Dawes e Lawrence (1980) relataram que o teor de EE nas folhas de *Halodule wrightii* varia de 1% a 3,2%. Por outro lado, Siegall-Wilott *et al.* (2010) apresentaram valores entre 0,6% e 0,8% para as folhas e de 0,5% a 1,2% para os rizomas.

Os valores encontrados no presente estudo, que variam de 1,95% a 6,06% para as partes aéreas e subterrâneas, são significativamente mais altos do que os reportados anteriormente para as partes das plantas de *Halodule wrightii*, embora ainda se situem dentro da faixa observada para a espécie e o gênero *Halodule*. Immaculate *et al.* (2018) relataram 5,3% de EE em *Halodule uninervis*, enquanto Dawes (1987) encontrou teores de 0,7% a 1,5% nas folhas e de 0,1% a 0,8% nos rizomas de *Halophila engelmannii*. Rengasamy (2013) observou 9,56% de EE na folha de *Halodule pinifolia*. Esses dados indicam que, em geral, as angiospermas marinhas apresentam concentrações de extrato etéreo relativamente baixas (Tabela 02). O que sugere que as variações nos teores de EE podem estar relacionadas a adaptações específicas de cada espécie às condições ambientais, como salinidade e tipo de substrato, que influenciam a produção de compostos lipídicos nas plantas. A predominância de concentrações de EE mais altas nas partes subterrâneas

de *Halodule beaudettei* pode indicar uma estratégia adaptativa para armazenamento de nutrientes ou resistência a condições adversas.

Para a Fibra em Detergente Neutro (FDN), foi encontrado 63,05% na parte aérea e 65,97% na parte subterrânea de *Halodule wrightii*, 63,53% na aérea e 69,34% de FDN na parte subterrânea de *Halodule emarginata* e 69,19% na parte aérea e 63,69% na parte subterrânea de *Halodule beaudettei*. Foi encontrada diferença significativa no teor de FDN entre as três espécies, sendo a maior concentração de FDN encontrada na parte subterrânea de *Halodule emarginata* (Figura 04C). Esses resultados contrastam com os dados apresentados por Siegall-Wilott *et al.* (2010), que indicaram teores de FDN variando de 23% a 32% nas folhas e de 19% a 32% nos rizomas de *Halodule wrightii*. Nos estudos que analisaram as diferentes partes da planta, os valores de FDN nas folhas estavam entre 23% e 32%, enquanto nos rizomas variaram de 19% a 32%. Assim, os teores de FDN encontrados neste estudo foram significativamente maiores do que os reportados anteriormente para as partes das plantas de *Halodule wrightii*. No entanto, os valores obtidos se encontram dentro da faixa relatada para a espécie e o gênero *Halodule* (Tabela 02). Essas diferenças nos teores de FDN podem ser atribuídas a diversos fatores, incluindo as condições ambientais, a metodologia utilizada na coleta e análise das amostras, além de possíveis adaptações das plantas a diferentes habitats. A maior concentração de FDN na parte subterrânea de *Halodule emarginata* sugere uma estratégia de alocação de nutrientes, que pode estar relacionada ao suporte estrutural e à resistência (Van Tussenbroek *et al.*, 2006).

Em relação a Fibra em Detergente Ácido (FDA), foi observado 33,28% na parte aérea e 37,71% na parte subterrânea em *Halodule wrightii*, 39,50% na parte aérea e 34,57% na parte subterrânea em *Halodule emarginata*, enquanto 37,79% de FDA foi encontrado na aérea e 41,22% na parte subterrânea em *Halodule beaudettei*. Notou-se diferença significativa no teor de FDA entre as três espécies, sendo a maior concentração de FDA encontrada na parte subterrânea de *Halodule beaudettei* (Figura 04D). Ao comparar esses resultados com a literatura, observa-se que Siegall-Wilott *et al.* (2010) relataram teores de FDA variando entre 17% e 19% para as folhas e de 10% a 19% para os rizomas de *Halodule wrightii*. Os dados obtidos no presente estudo, portanto, estão acima dos valores anteriormente documentados, mas ainda se mantêm dentro das faixas observadas para a espécie e o gênero *Halodule* (Tabela 02). O termo FDA, de modo geral, refere-se a celulose e lignina, sendo utilizada para quantificar a hemicelulose por diferença da FDN (Alves *et al.*, 2016). A maior concentração de FDA na parte subterrânea de *Halodule beaudettei* pode indicar uma adaptação voltada para fortalecer a estrutura das plantas, proporcionando maior resistência em seu habitat aquático.

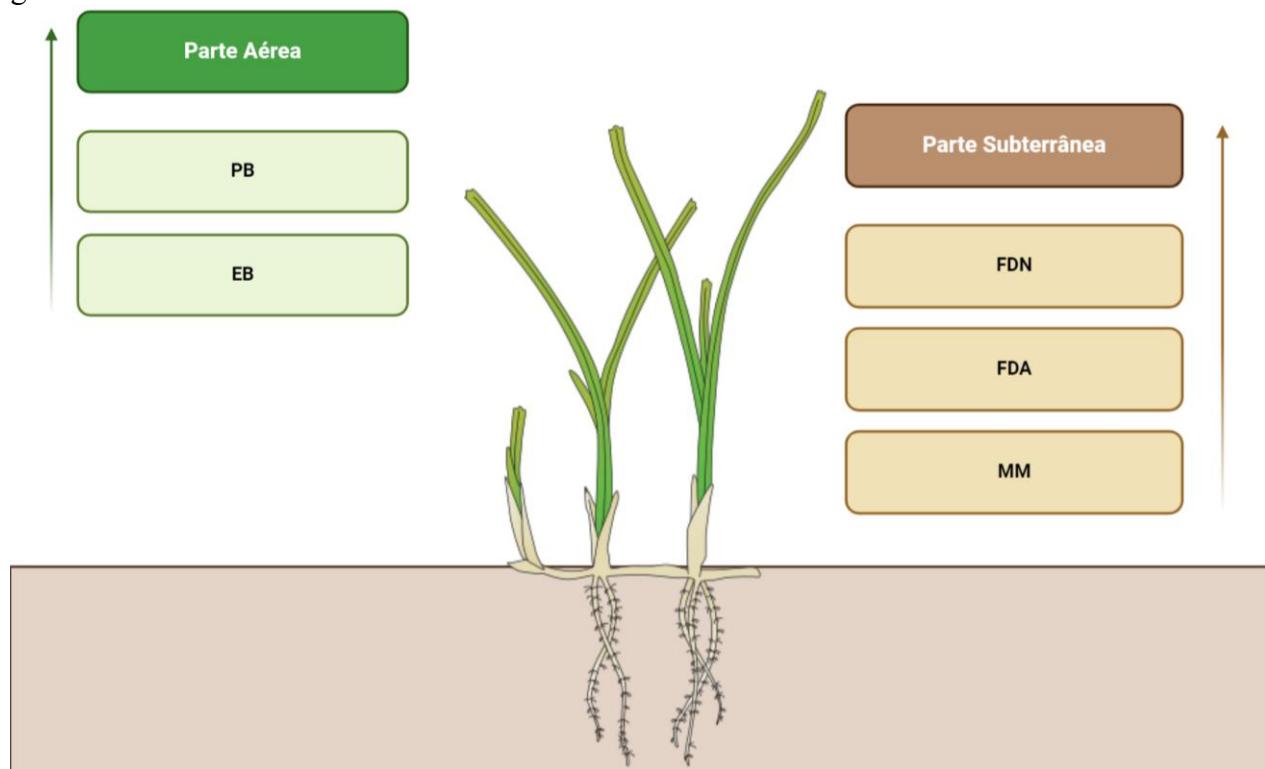
Para a Matéria Mineral (MM), foram encontrados 18,94% na parte aérea e 34,54% na parte subterrânea em *Halodule wrightii*, 21,17% na parte aérea e 20,06% na parte subterrânea em *Halodule emarginata* e 39,44% na parte aérea e 32,49% na parte subterrânea em *Halodule beaudettei*. Com diferença significativa de MM em *Halodule wrightii* e *Halodule beaudettei*, sendo a maior concentração de MM encontrada na parte aérea de *Halodule beaudettei* (Figura 04E).

Quando esses dados são comparados com a literatura, Ballard (2004) reportou 15,6% de MM para as folhas e 29,1% para os rizomas de *Halodule wrightii*. Além disso, Siegall-Wilott *et al.* (2010) apresentaram teores de MM variando de 34% a 41% para as folhas e de 48% a 50% para os rizomas de *Halodule wrightii*. Assim, os valores obtidos no presente estudo se situam dentro da faixa já relatada na literatura (Tabela 02). A maior concentração de MM na parte aérea de *Halodule beaudettei* sugere uma adaptação que pode contribuir para a resistência estrutural da planta em seu ambiente aquático. A relação entre a composição mineral e as condições ambientais destaca a complexidade das interações das angiospermas marinhas, sugerindo que novas investigações são necessárias para aprofundar a compreensão das variações na composição mineral das espécies de *Halodule* em diferentes contextos ecológicos. A variação nos processos de translocação dentro da planta são fatores que podem contribuir para as diferenças relatadas (Lewis; Devereux, 2009).

Para a Energia Bruta (EB), a angiosperma marinha *Halodule wrightii* apresentou 1802 (Kcal/Kg) na parte aérea e 1012 (Kcal/Kg) de EB na parte subterrânea, *Halodule emarginata* teve 1500 (Kcal/kg) na parte aérea e 1205 (Kcal/kg) na parte subterrânea, enquanto 1064 (Kcal/kg) na parte aérea e 1103 (Kcal/kg) na parte subterrânea foi observado em *Halodule beaudettei*. É relevante destacar que, diferentemente de outros nutrientes, a energia não representa uma porção física do alimento, mas sim a energia química total presente nele (Ferrell; Oltjen, 2008; De Fonseca *et al.*, 2016). Esse aspecto é crucial para a compreensão da dinâmica nutricional das angiospermas marinhas, uma vez que a energia disponível pode influenciar diretamente a eficiência dos organismos que consomem essas plantas, assim como a sua adaptação e sobrevivência em ambientes aquáticos. As diferenças nos teores de EB entre as espécies podem refletir estratégias ecológicas distintas e a adaptação a diferentes condições ambientais. Portanto, a análise da Energia Bruta nas espécies de *Halodule* proporciona um maior entendimento sobre seu valor nutricional e a sua importância nos ecossistemas marinhos.

A Figura 05 mostra a distribuição dos nutrientes na parte aérea e parte subterrânea no gênero *Halodule*, o que nos permite ter uma visão geral da composição nutricional nas partes das plantas.

Figura 05 – Distribuição dos nutrientes e da energia bruta na parte aérea e parte subterrânea no gênero *Halodule*



Fonte: Elaborado pela autora e BioRender.com. Ilustração retirada do <https://ian.umces.edu/media-library>.  
 PB=Proteína Bruta; EB=Energia Bruta; FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA= Fibra em Detergente Ácido; MM= Matéria Mineral

A distribuição de proteína bruta foi estatisticamente maior para a parte aérea no gênero *Halodule*, o que está de acordo com Ballard (2004) e Siegall-Wilott *et al.* (2010). A parte aérea geralmente mais exposta a fatores ambientais que exigem uma rápida resposta metabólica, como luz e nutrientes. Isso resulta na necessidade de um maior investimento em proteínas para apoiar funções como a fotossíntese e a respiração celular, maior taxa de crescimento e regeneração (Imaculate *et al.*, 2018).

Contudo, o extrato etéreo não diferiu entre as partes da planta no gênero *Halodule* (Figura 04B). Cabe ressaltar, que o conteúdo lipídico das angiospermas marinhas é geralmente baixo (Siegall-Wilott *et al.*, 2010; Coria-Monter; Durán-Campos, 2015), o que foi observado no presente trabalho, além de possuírem pouca variação entre parte aérea e subterrânea (Tabela 02). Tanto as partes aéreas quanto as raízes precisam de depósitos de lipídios para funções como a proteção contra desidratação e a defesa contra patógenos, o que pode contribuir para uma composição química semelhante (Fahn, 1981; Thomas, 1991).

A análise das fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) nas espécies do gênero *Halodule* revelou padrões interessantes de distribuição, ambos apresentando

concentrações estatisticamente maiores na parte subterrânea (Figura 04C e Figura 04D). Essa característica é uma adaptação importante das angiospermas marinhas, que desenvolveram estruturas radiculares eficientes para acessar reservatórios de nutrientes no solo. Essa capacidade permite o armazenamento de altos níveis de carboidratos em seus rizomas, o que é fundamental para sua sobrevivência em ambientes aquáticos dinâmicos (Van Tussenbroek *et al.*, 2006). As fibras nas angiospermas marinhas desempenham diversas funções benéficas. A FDN, por exemplo, está associada à produção de compostos benéficos durante a fermentação da fibra solúvel, enquanto a fibra insolúvel pode aumentar o volume das fezes, amolecê-las e reduzir o tempo de trânsito intestinal em herbívoros (Kailas; Nair, 2015; *Immaculate et al.*, 2018). Essa capacidade de armazenamento e processamento de nutrientes não apenas favorece a saúde dos herbívoros que consomem essas plantas, mas também influencia a dinâmica ecológica dos ecossistemas em que estão inseridas (Lewis; Devereux, 2009).

A matéria mineral foi estatisticamente maior na parte subterrânea no gênero *Halodule* (Figura 04E). As variações no conteúdo mineral foram atribuídas a reações metabólicas, condições ambientais, variações sazonais e às diferentes necessidades da planta (Barko; Smart, 1980; *Immaculate et al.*, 2018). Enquanto a distribuição da EB foi estatisticamente maior na parte aérea no gênero *Halodule* (Figura 04F). Isso pode ocorrer, pois a energia é oriunda, basicamente, de três nutrientes: gorduras (9 kcal/g), proteínas (4 kcal/g) e carboidratos (4 kcal/g) (Park; Antonio, 2006; Vieira, 2019). A presença e a proporção desses nutrientes podem variar significativamente em função das condições ambientais, como temperatura, salinidade e intensidade de luz.

Essas observações ressaltam a importância das adaptações das angiospermas marinhas às suas condições ambientais específicas. Enquanto a parte subterrânea se especializa em acumular matéria mineral (Gosselin *et al.*, 2006), a parte aérea maximiza a captura de energia, refletindo a complexidade das interações entre as plantas e seu ambiente (Romero *et al.*, 2006; Couto, 2018). Essa dinâmica não apenas influencia a saúde e a sobrevivência das *Halodule*, mas também tem implicações significativas para a ecologia dos herbívoros que dependem delas como fonte de alimento. Assim, a análise integrada da matéria mineral e da energia bruta pode oferecer uma visão mais abrangente das estratégias de adaptação das angiospermas marinhas em seus ecossistemas.

## 2.5.2 Comparação das Cinco Espécies de Angiospermas Marinhas Analisadas Inteiras

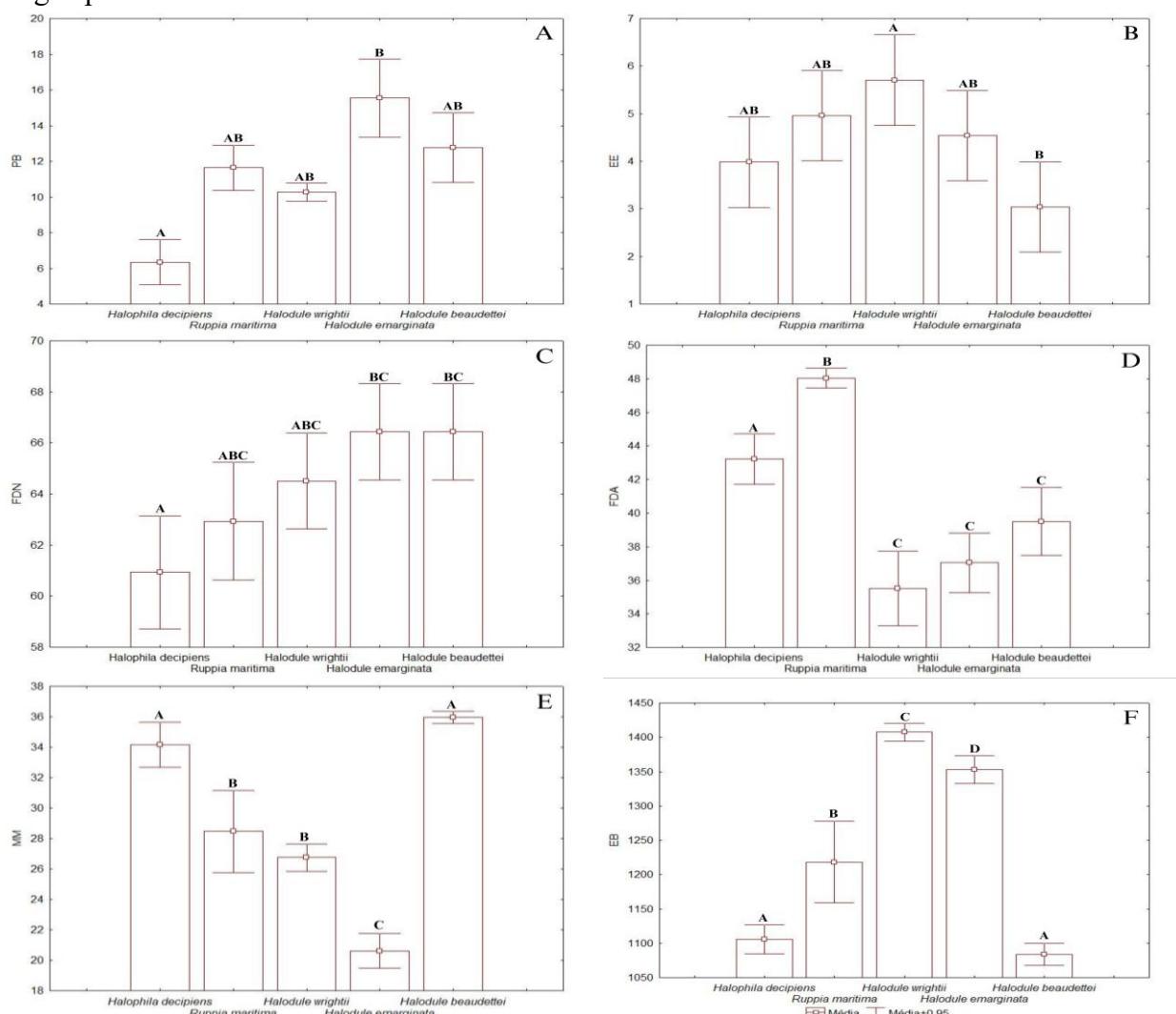
Os resultados da composição nutricional das cinco espécies de angiospermas marinhas inteiras estão apresentados na Tabela 03 e na Figura 06.

Tabela 03 – Valores da composição nutricional das cinco espécies de angiospermas marinhas presentes no litoral cearense

Espécie	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	MM (%)	EB (Kcal/g)
<i>Hw</i>	17,57 ± 0,08	10,28 ± 0,16	5,71 ± 0,74	64,51 ± 0,61	35,50 ± 0,73	26,75 ± 0,29	1407 ± 4,30
<i>He</i>	8,72 ± 0,09	15,55 ± 0,72	4,54 ± 0,40	66,44 ± 0,62	37,04 ± 0,58	20,62 ± 0,37	1353 ± 6,69
<i>Hb</i>	12,60 ± 0,10	12,77 ± 0,64	3,04 ± 0,29	66,45 ± 0,62	39,51 ± 0,66	35,97 ± 0,13	1084 ± 5,15
<i>Hd</i>	8,13 ± 0,03	6,35 ± 0,41	3,98 ± 0,67	60,93 ± 0,73	43,22 ± 0,49	34,16 ± 0,48	1106 ± 6,92
<i>Rm</i>	11,59 ± 0,16	11,63 ± 0,42	4,96 ± 0,78	62,93 ± 0,75	48,03 ± 0,20	28,46 ± 0,89	1218 ± 19,55
P	<b>0,0091</b>	<b>0,0101</b>	<b>0,0362</b>	<b>0,0136</b>	<b>0,0091</b>	<b>0,0091</b>	<b>0,0091</b>

MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; MM = Matéria mineral; EB: Energia bruta; Hw=*Halodule wrightii*; He=*Halodule emarginata*; Hb=*Halodule beaudettei*; Hd=*Halophila decipiens*; Rm=*Ruppia maritima*. Os dados são valores médios ± desvio padrão, valores em vermelho são significativamente diferentes ( $p<0,05$ )

Figura 06 – Distribuição dos valores da composição nutricional para as cinco espécies de angiospermas marinhas



PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; MM = Matéria mineral; EB= Energia bruta

Em relação a Matéria Seca (MS), foram encontrados valores de 17,57% de MS em *Halodule wrightii*, 8,72% de MS em *Halodule emarginata* e 12,60% de MS em *Halodule*

*beaudettei*, 8,13% de MS para *Halophila decipiens* e 11,59% de MS para *Ruppia*. Quando avaliada estatisticamente, a MS foi significativamente diferente entre as plantas.

Corian-Monter e Duran-Campos (2015) encontraram teor de 9,47%. Arévalo-González (2020) encontrou 14,42% de MS para *Halodule wrightii*. Contudo, os trabalhos citados aconteceram na Flórida, Texas e no México. Rodrigues (2018) analisou *Halodule wrightii* na Paraíba e encontrou 16,66% de MS a 18,56% de MS. Silva (2020) analisou *Halodule wrightii* no Ceará e encontrou 27,57% de MS. Aketa e Kawamura (2001) encontraram 19,3% de MS para *Halodule uninervis* e 14,3% de MS para *Halophila ovalis*. Tendo Rengasamy (2013) encontrado 7,45% de MS para a folha de *Halodule pinifolia* (Tabela 02).

Os valores obtidos neste estudo para *Halodule wrightii* estão, portanto, alinhados com os dados disponíveis na literatura, variando entre 9,47% e 27,57% de MS. Contudo, não foram encontrados dados sobre a porcentagem de MS para as demais espécies analisadas, o que limita a comparação e a interpretação dos resultados. É importante destacar que as plantas flutuantes e submersas, conforme esperado devido ao seu hábito de vida, geralmente apresentam umidade elevada, variando entre 78% e 92% (Arévalo-González, 2020).

Para a Proteína Bruta (PB), foi encontrado 10,28% em *Halodule wrightii*, 15,55% em *Halodule emarginata*, 12,77% em *Halodule beaudettei*, 6,35% em *Halophila decipiens* e 11,63% para *Ruppia maritima*. Verificou-se que a PB diferiu entre *Halophila decipiens* e *Halodule emarginata*, sendo esta, a planta com maior teor de PB (Figura 06A).

Os valores encontrados para *Halodule wrightii* no presente estudo situam-se entre os relatados na literatura, que variam de 8,1% a 14,05% de PB (Tabela 02). Corian-Monter e Duran-Campos (2015) relataram 8,1% de PB, e Arévalo-González (2020) encontrou 8,25%. No Brasil, Magalhães (1999) registrou 10,56% para a mesma espécie em Pernambuco, enquanto Rodrigues (2018) encontrou valores que variaram entre 12,82% e 14,05% na Paraíba, e Silva (2020) registrou 12,77% no Ceará. *Immaculate et al.* (2018) indicaram 13,6% de PB em *Halodule uninervis*, enquanto Aketa e Kawamura (2001) reportaram 8,1% para a mesma espécie e 6,2% em *Halophila ovalis*. Além disso, Dawes (1987) encontrou de 5,7% a 7,7% nas folhas e de 10,4% a 11,5% nos rizomas de *Halophila engelmannii*. Rengasamy (2013) registrou 7,45% em *Halodule pinifolia*, e Tangon *et al.* (2021) encontraram 10,06% na mesma espécie. Considerando as demais espécies de angiospermas marinhas analisadas, existem poucos dados disponíveis. Um estudo de Ballard (2004) encontrou 7,8% de PB em sementes de *Ruppia maritima*. Essa escassez de informações sobre as demais espécies destaca a necessidade de mais pesquisas para melhor compreender suas características nutricionais. É importante ressaltar que a disponibilidade de nutrientes,

especialmente o nitrogênio, desempenha um papel importante na síntese de proteínas nas plantas. Espécies que crescem em ambientes ricos em nitrogênio tendem a apresentar teores de proteína bruta mais elevados, o que pode explicar as variações observadas nos dados coletados (Bredemeier; Mundstock, 2000). Essa relação sugere que as condições ambientais e a nutrição disponível são fatores determinantes na qualidade nutricional das angiospermas marinhas (Lewis; Devereux, 2009), influenciando não apenas suas características biológicas, mas também suas interações ecológicas e seu papel nos ecossistemas aquáticos.

Para o Extrato Etéreo (EE), foi encontrado um percentual de 5,71% em *Halodule wrightii*, 4,54% em *Halodule emarginata*, 3,04% em *Halodule beaudettei*, 3,98% em *Halophila decipiens* e 4,96% em *Ruppia maritima*. Verificou-se que o EE diferiu entre *Halodule beaudettei*, e *Halodule wrightii*, sendo esta, a planta com maior teor de EE (Figura 06B).

Corian-Monter e Duran-Campos (2015) encontraram 2,33% de EE para *Halodule wrightii*. Arévalo-González (2020) encontrou 12,1% para *Halodule wrightii*. Trabalhos realizados no Brasil, como o de Magalhães (1999) em Pernambuco, encontrou 2,12% de EE em *Halodule wrightii*, enquanto Silva (2020) analisou *Halodule wrightii* no Ceará e encontrou 2,1%. Os dados obtidos neste trabalho situam-se entre esses valores, refletindo a diversidade de resultados registrados (Tabela 02). Não foram encontrados dados de porcentagem de EE para as outras espécies analisadas na literatura. Essa lacuna destaca a necessidade de mais estudos sobre o conteúdo lipídico em outras angiospermas marinhas. As diferentes condições ambientais nas quais se encontram essas plantas podem gerar adaptações que envolvam a produção de compostos lipídicos que atuam como impermeabilizantes e protetores, influenciando a quantidade de extrato etéreo.

Considerando os teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Ácido (FDA) nas diferentes espécies de angiospermas marinhas foram observadas diferenças significativas, destacando as adaptações dessas plantas aos seus ambientes aquáticos. Para a FDN, *Halodule wrightii* apresentou 64,51%, *Halodule emarginata* 66,44% e *Halodule beaudettei* 66,45%, enquanto *Halophila decipiens* registrou 60,93% e *Ruppia maritima* 62,92%. Os valores de FDN nas espécies do gênero *Halodule* foram mais elevados, especialmente em *H. emarginata* e *H. beaudettei*, que diferiram significativamente de *Halophila decipiens* (Figura 06C). Esses resultados estão em linha com os achados de Magalhães (1999), que observou 66,6% de FDN para *H. wrightii* em Pernambuco, e de Rodrigues (2018), que relatou valores entre 67,04% e 69,04% na Paraíba. A variação entre esses valores pode ser atribuída às diferenças nas condições ambientais, como salinidade, luz e características do substrato, que afetam diretamente a estrutura celular e,

consequentemente, as concentrações de FDN. No que diz respeito à FDA, os teores foram igualmente variados entre as espécies. *Halodule wrightii* apresentou 35,50%, *H. emarginata* 37,04%, *H. beaudettei* 39,51%, *Halophila decipiens* 43,22% e *Ruppia maritima* 48,03%. *R. maritima* teve o maior teor de FDA, destacando-se significativamente das demais (Figura 06D). Esses dados corroboram parcialmente os resultados de Magalhães (1999), que encontrou 48,51% de FDA para *H. wrightii* em Pernambuco, e os de Rodrigues (2018), que relataram valores entre 39,39% e 49,25% para a mesma espécie na Paraíba. A diferença nos valores de FDA entre as espécies pode ser explicada pelas distintas taxas de crescimento, ciclos de vida e estratégias reprodutivas das plantas, que influenciam a composição dos materiais celulares fibrosos e resultam em variações nos níveis de FDA (Van Soest, 1994; Lewis; Devereux, 2009).

Os teores de FDN e FDA reflete as diferenças nas estruturas celulares, com a FDN representando a fração de parede celular mais acessível e digestível, e a FDA indicando a fração mais resistente, composta por lignina e celulose (Van Soest, 1994). Plantas como *R. maritima* e *H. decipiens* apresentaram maior conteúdo de FDA, o que pode indicar uma adaptação a condições mais rigorosas, onde a necessidade de maior resistência estrutural é crucial para a sobrevivência. Por outro lado, as plantas do gênero *Halodule* com teores mais elevados de FDN, parecem apresentar maior acessibilidade celular, o que pode facilitar sua digestibilidade, sendo uma característica importante para herbívoros marinhos.

Para a Matéria Mineral (MM), observa-se 26,75% de MM em *Halodule wrightii*, 20,62% de MM em *Halodule emarginata*, 35,97% de MM em *Halodule beaudettei*, 34,16% de MM *Halophila decipiens* e 28,46% de MM para *Ruppia marítima*. Verificou-se que a MM diferiu em *Halophila decipiens* em relação a *Ruppia maritima*, *Halodule whightii* e *Halodule emarginata*, sendo *Halodule beaudettei* a planta com maior teor de MM (Figura 06E). Trabalhos realizados no Brasil, como o de Magalhães (1999) em Pernambuco, encontrou 20,67% de MM em *Halodule wrightii*. Rodrigues (2018) analisou *Halodule wrightii* na Paraíba e encontrou 9,31% a 14% de MM. Silva (2020) analisou *Halodule wrightii* no Ceará encontrou 19,65% de MM. Os valores se encontram entre os mencionados na literatura (Tabela 02). Não foram encontrados dados de % de MM para as demais espécies, com exceção de um trabalho realizado por Ballard (2004) que encontrou 3,1% de MM em semente de *Ruppia marítima*.

A variação no teor de MM entre as espécies pode ser explicada pelas adaptações específicas dessas plantas a ambientes com diferentes condições de salinidade, tipos de substrato e disponibilidade de nutrientes (Short, 1987; Pulich, 1985; Short *et al.*, 2007; Collier *et al.*, 2014). As angiospermas marinhas, como *H. beaudettei* e *H. decipiens*, parecem ter maior capacidade de

acumular minerais, possivelmente devido à maior necessidade de resistência estrutural ou de armazenamento de nutrientes essenciais em suas partes subterrâneas. Essa adaptação pode ser crucial para sua sobrevivência em ambientes aquáticos, onde os níveis de nutrientes podem flutuar significativamente. Além disso, a composição mineral dessas plantas pode ser influenciada por ciclos sazonais e processos metabólicos (Short *et al.*, 2007; Collier *et al.*, 2014), o que leva a variações na quantidade de minerais absorvidos e acumulados. *Halodule beaudettei*, com o maior teor de MM entre as espécies analisadas, pode estar adaptada a ambientes com alta concentração de minerais, refletindo uma capacidade aumentada de absorver e armazenar esses nutrientes. Em contrapartida, espécies como *Halodule emarginata* mostram níveis mais moderados de MM, o que pode indicar uma menor dependência de minerais para suas estruturas ou uma adaptação a ambientes menos ricos em nutrientes.

A análise da Energia Bruta (EB) entre as angiospermas marinhas revelou variações significativas entre as espécies. *Halodule wrightii* apresentou um valor de 1407 Kcal/kg, seguido por *Halodule emarginata* com 1353 Kcal/kg, *Halodule beaudettei* com 1084 Kcal/kg, *Halophila decipiens* com 1106 Kcal/kg, e *Ruppia maritima* com 1218 Kcal/kg. Entre essas, *H. wrightii* destacou-se por apresentar a maior EB, enquanto *Halophila decipiens* diferiu de outras espécies analisadas, especialmente de *Ruppia maritima*, *H. wrightii* e *H. emarginata* (Figura 06F).

Embora a EB seja um parâmetro importante, há poucos estudos que relatam essa variável para as angiospermas marinhas. Magalhães (1999) encontrou 2436 Kcal/kg de EB para *H. wrightii* em Pernambuco, e Silva (2020) identificou um valor ainda mais elevado, de 3197 Kcal/kg no Ceará. No entanto, os resultados do presente estudo indicam valores consideravelmente mais baixos, o que pode sugerir que a EB dessas plantas varia de acordo com o ambiente, influenciada por fatores como temperatura, luminosidade e salinidade. Esses fatores ambientais alteram a composição química das plantas, impactando diretamente os níveis de carboidratos, lipídios e proteínas (Oscar *et al.*, 2018), que são os principais nutrientes responsáveis pela energia. A EB reflete a quantidade total de energia disponível em um alimento, sendo fortemente influenciada pela presença de lipídios, que fornecem 9 Kcal/g, e de carboidratos e proteínas, que fornecem 4 Kcal/g cada (Parrish, 2013). As variações observadas entre as diferentes espécies podem estar relacionadas às diferentes proporções desses macronutrientes, já que algumas plantas tendem a acumular mais lipídios, enquanto outras concentram carboidratos ou proteínas, resultando em diferentes quantidades de energia (Keys *et al.* 1969; Van Soest, 1994). Podendo refletir tanto diferenças na composição química, quanto as adaptações dessas plantas a condições ambientais específicas. *Halodule wrightii*, que se destacou com o maior valor de EB, pode estar melhor

adaptada a ambientes com maior disponibilidade de luz e nutrientes, o que permite o acúmulo de mais compostos energéticos. Por outro lado, espécies como *Halophila decipiens* e *Halodule beaudettei* podem estar mais adaptadas a habitats com menor disponibilidade de recursos, refletindo em menores teores de energia (Koch *et al.*, 2007; Deyoe *et al.*, 2023).

## 2.6 Conclusão

- As angiospermas marinhas do litoral cearense possuem moderado teor de proteína, são ricas em fibras e possuem baixo teor de extrato etéreo;
- Maiores teores de Proteína Bruta e Energia Bruta foram encontradas na parte aérea, enquanto maiores teores de Fibra em Detergente Neutro, Fibra em Detergente Ácido e Matéria Mineral foram observados na parte subterrânea no gênero *Halodule*;
- A análise do conteúdo nutricional das cinco espécies de angiospermas marinhas demonstra potencial nutricional nas cinco espécies analisadas, tendo *Halodule wrightii* maior teor de extrato etéreo e energia, enquanto *Halodule emarginata* apresenta maior teor de proteína.

### 3 ANÁLISE DE MACRO E MICROMINERAIS DAS ESPÉCIES DE ANGIOSPERMAS MARINHAS DO LITORAL NORDESTINO, CEARÁ

#### RESUMO

As angiospermas marinhas desempenham papéis fundamentais na estabilidade dos sedimentos, no ciclo de nutrientes e na manutenção da qualidade da água. Contudo, entre as problemáticas enfrentadas por esse ecossistema, destacam-se a degradação dos habitats costeiros, a poluição e as mudanças climáticas que afetam a disponibilidade de minerais, podendo comprometer a saúde e a sustentabilidade dessas plantas. Este estudo tem como objetivo a análise de macro e microminerais em angiospermas marinhas no litoral cearense, empregando-se Espectroscopia de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente. A avaliação estatística das partes aéreas e subterrâneas do gênero *Halodule* sugerem que os teores de macrominerais e microminerais diferiram entre as plantas. Constatou-se que, entre as partes das plantas, houve diferenças significativas nos valores de P, Mg, S, Fe, Zn, Mn e B. Ao analisar as cinco espécies de angiospermas marinhas de forma integral, verificou-se que os teores de S, Mn e B apresentaram variações significativas entre as espécies. Além disso, notou-se que os elementos P, Mn e B predominavam na parte aérea, enquanto Mg, S e Fe foram mais abundantes na parte subterrânea no gênero *Halodule*. Os resultados demonstraram relevância nutricional e ecológica desses ecossistemas para a biodiversidade marinha, além de seu papel crucial na proteção costeira, nutrição de megaherbívoros e subsistência de comunidades locais. As informações apresentadas podem auxiliar na formulação de políticas de conservação e no manejo sustentável dos recursos costeiros, podendo contribuir para a preservação da biodiversidade.

**Palavras-Chave:** minerais; manejo; biodiversidade.

## ABSTRACT

Seagrassess play key roles in sediment stability, nutrient cycling, and maintaining water quality. However, among the problems faced by this ecosystem, the degradation of coastal habitats, pollution, and climate change that affect the availability of minerals stand out, which can compromise the health and sustainability of these plants. This study aims to analyze macro and microminerals in seagrassess on the coast of Ceará, employing Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. The statistical evaluation of the aerial and underground parts of the genus *Halodule* suggests that the contents of macrominerals and trace minerals differed between the plants. It was found that, among the plant parts, there were significant differences in the values of P, Mg, S, Fe, Zn, Mn and B. When analyzing the five species of seagrassess in an integral way, it was found that the contents of S, Mn and B showed significant variations between the species. In addition, it was noted that the elements P, Mn and B predominated in the aerial part, while Mg, S and Fe were more abundant in the underground part in the genus *Halodule*. The results demonstrated the nutritional and ecological relevance of these ecosystems for marine biodiversity, in addition to their crucial role in coastal protection, megaherbivore nutrition, and the livelihood of local communities. The information presented can assist in the formulation of conservation policies and in the sustainable management of coastal resources and can contribute to the preservation of biodiversity.

**Key words:** minerals; management; biodiversity.

### 3.1 Introdução

A deficiência de nutrientes tem sido identificada como uma fonte significativa de mortalidade nas plantas, conforme demonstrado por Duarte e Sand-Jensen (1996). À medida que as reservas de nutrientes armazenadas se esgotam, as plantas precisam ser capazes de extrair quantidades suficientes de nutrientes do sedimento ou da coluna d'água, essenciais para a manutenção e o crescimento. Nesse contexto, a disponibilidade de minerais pode ser severamente restringida tanto pelo alto metabolismo em sedimentos bem oxigenados quanto pela competição com outras espécies vegetais (Olesen, 1999; Orth *et al.*, 2006).

Estudos realizados por Lewis e Devereux (2009), Prange e Dennison (2000), Govindasamy e Jenifer (2011), Nobrega (2017) e Zamani *et al.* (2018) Pasumpon e Vasudevan (2021), ressaltam a importância das análises dos minerais na compreensão da distribuição e acumulação, além de chamarem a atenção para o papel crucial das angiospermas marinhas na ciclagem de nutrientes em ambientes costeiros (Birch *et al.*, 2018; Di Leo *et al.*, 2013; Sanz-Lázaro *et al.*, 2012; Serrano *et al.*, 2019). Além disso, essas plantas desempenham um papel vital na purificação da água, removendo nutrientes em excesso, contaminantes e outras partículas, principalmente através de suas folhas e sistemas radiculares (Pnuma, 2020).

As angiospermas marinhas são reconhecidas como importantes contribuintes para a produção primária nos ecossistemas aquáticos. Absorvendo minerais tanto da coluna d'água, através das superfícies foliares, quanto dos sedimentos e da água intersticial por meio de suas raízes (Brinkhuis *et al.*, 1980; Ward, 1987; Malea; Haritonidis, 1995; Caccia *et al.*, 2003). É importante destacar que os minerais armazenados por essas plantas podem ser transferidos através de cadeias tróficas a consumidores de níveis superiores, incluindo megaherbívoros como os dugongos (*Dugong dugon*), peixes-bois (*Trichechus manatus*) e tartarugas verdes (*Chelonia mydas*), que representam os principais consumidores em ecossistemas tropicais (Lanyon *et al.*, 1989). Essa transferência não apenas sustenta a biodiversidade, mas também afeta a dinâmica de nutrientes em todo o sistema.

Sendo os macrominerais e microminerais essenciais para diversas funções metabólicas nos organismos dos animais monogástricos, incluindo os sistemas imunológico, respiratório e reprodutivo (Espíndola, 2016). Uma carência de macrominerais, como cálcio, magnésio, potássio e sódio, na alimentação dos peixes-boi pode ocasionar problemas nas contrações musculares e enfraquecer o sistema nervoso. Além disso, dietas deficientes em microminerais, como ferro e zinco, podem comprometer os processos de trocas respiratórias, o metabolismo de proteínas e a mineralização dos ossos (Andriguetto *et al.*, 1999).

Os processos que ocorrem nos estuários são essenciais para a modulação da abundância, diversidade de espécies e fluxo de minerais, que são transportados dos rios para o oceano (Sena *et al.*, 2022). Frente à problemática da falta de compreensão sobre a ciclagem de macro e microminerais em angiospermas marinhas, esta pesquisa tem como objetivo sua caracterização, além de analisar os padrões de acumulação nos diferentes compartimentos vegetais, como as partes aéreas e subterrâneas (Sanz-Lázaro *et al.*, 2012). Até onde se tem conhecimento, esta é a primeira caracterização abrangente e focada na análise dos minerais em angiospermas marinhas do litoral cearense, o que a torna um trabalho pioneiro e relevante para a ecologia marinha e a conservação ambiental nesta região. Assim, os resultados obtidos podem contribuir não apenas para o entendimento da dinamização de nutrientes em ecossistemas costeiros, mas também para o embasamento de futuras ações de gerenciamento e conservação.

### 3.2 Aspectos Gerais Sobre o Tema

Com relação à essencialidade dos elementos para os organismos, eles podem ser classificados em macrominerais e microminerais. Os macrominerais (Ca, Mg, K, P e Na) podem se apresentar em concentrações mais elevadas, enquanto os microminerais (Cu, Fe, Mn e Zn) se apresentam em concentrações menores, possuem função biológica conhecida e são constituintes obrigatórios do metabolismo dos organismos, participando de processos envolvendo compostos enzimáticos, fazendo parte do sistema receptor/doador de elétrons (Lacerda; Carvalho; Gomes, 1989; Brito, 2011).

Quase todos os elementos naturais são encontrados nos tecidos vegetais, no entanto, apenas um número reduzido é necessário para o crescimento das plantas: estes são chamados de elementos essenciais. Eles variam desde elementos que constituem a maior parte dos tecidos vegetais (C, H e O) até microminerais que são necessários para função bioquímica específica (Fe) (Romero; Lee, Mateo, 2006). Os micronutrientes são considerados os elementos com concentração muito baixa nos tecidos vegetais, e provavelmente os mais importantes biologicamente são os metais (Fe, Mn e Cu) (Romero; Lee, Mateo, 2006). Para crescer com sucesso, as plantas precisam de espaço físico (substrato), radiação solar, água, carbono inorgânico e quantidades suficientes de todos os macronutrientes e micronutrientes (Romero; Lee, Mateo, 2006).

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes por ser exigido também em grandes quantidades pelas células (Cetesb, 2003). As plantas, em geral, são uma fonte de alimento com níveis moderados de nitrogênio para os animais, presumivelmente, porque se qualquer espécie de planta que fosse adequadamente nutritiva e livremente disponível para um herbíboro durante todo o seu ciclo de vida seria em breve exterminada. A evolução de vários meios de defesa físicos e químicos pode ser contornada com sucesso pela evolução complementar dos herbívoros (White, 1978).

Pesquisas anteriores estabeleceram que as angiospermas marinhas geralmente têm uma alta capacidade de bioacumulação devido à interação direta da coluna d'água e sedimentos no ambiente marinho por meio de folhas e rizomas radiculares que são locais de absorção (Romero *et al.*, 2006; Ambo-Rapp *et al.*, 2011; Bonanno; Di Martino, 2017). Devido

a quantidade de dados atualmente disponíveis sobre estes tópicos ser escassa, seria interessante investigar de forma mais aprofundada as mudanças entre as estações e as diferenças entre as partes acima e abaixo do solo (Vonk *et al.*, 2018).

As angiospermas marinhas regenerarem periodicamente suas folhas levou a inúmeros estudos para investigar quais órgãos vegetais são os mais adequados para monitoramento de curto ou longo prazo. As folhas são comumente consideradas como excelentes bioindicadores de curto prazo que podem dar uma indicação das concentrações de elementos no ambiente durante um curto período (meses) com precisão significativa (Richir *et al.*, 2013). Por sua vez, órgãos permanentes como raízes, rizomas, que podem registrar acúmulos de micronutrientes ao longo dos anos, são mais adequados para campanhas de biomonitoramento de longo prazo, embora tais órgãos pareçam menos sensíveis às variações de elementos no ambiente em comparação com as folhas (Gosselin *et al.*, 2006).

O potássio (K), sódio (Na) e cálcio (Ca) desempenham papéis cruciais na regulação da osmose (Touchette, 2007; Olsen *et al.*, 2016). Já o magnésio (Mg) e o ferro (Fe) são elementos essenciais que participam dos processos de fotossíntese (Duarte *et al.*, 1995). Por sua vez, o zinco (Zn) está envolvido na síntese de proteínas (Malea *et al.*, 1995), enquanto o manganês (Mn) é importante em diversos processos redox (Jagtap, 1983). O enxofre (S) é utilizado nas paredes celulares como componente de polissacarídeos sulfatados (Olsen *et al.*, 2016) e pode se acumular nos tecidos das angiospermas marinhas (Holmer *et al.*, 2005). Embora o manganês seja um dos micronutrientes menos estudados nas angiospermas marinhas, sua relevância está ligada aos processos redox nas plantas (Jagtap, 1983; Marschner, 2011).

Os metais residuais, que ocorrem naturalmente devido à erosão de rochas e solos em ambientes marinhos, incluem cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Esses elementos são micronutrientes essenciais e críticos para o metabolismo das plantas (Saliha; Waffa; Mourad, 2016). No entanto, em altas concentrações, eles podem apresentar efeitos tóxicos (Bonanno; Di Martino, 2017). Até o momento, poucos estudos têm investigado as respostas fisiológicas das angiospermas marinhas às entradas de microminerais, geralmente em condições de laboratório (Macinnis-Ng; Ralph, 2004). Experimentos de toxicidade em laboratório revelaram parâmetros de resposta por elemento em angiospermas marinhas, como *H. stipulacea*, que apresentou viabilidade das células foliares em relação ao zinco (Zn), *P. oceânica*, que mostrou viabilidade das células foliares em relação ao cobre (Cu), e *Z. marina*, que demonstrou taxa de crescimento em relação ao cobre (Cu), fixação de nitrogênio em

relação ao manganês (Mn) e taxa de crescimento em relação ao zinco (Zn) (Sunda, 1989; Stevenson; Cole, 1999; Brackup; Capone, 1985; Malea, 1994; Lyngby; Brix, 1984).

Prange e Dennison (2000) relataram o Fe como um elemento essencial requerido por enzimas e proteínas durante os processos de fotossíntese e respiração. Vestígios de metais como Cu e Zn são mobilizados principalmente através de atividades humanas, como escoamento urbano e municipal, efluentes industriais, deposição atmosférica e atividade agrícola, enquanto outros metais como Fe e Mn têm origem litogênica (Serrano *et al.*, 2011). Os minerais Cu, Fe, Mn e Zn representam os metais traços mais comuns que afetam as comunidades costeiras (Roberts *et al.*, 2008). Estes metais também são micronutrientes essenciais para as plantas e não são necessariamente tóxicos, mas muitas atividades antrópicas aumentam as suas concentrações naturais causando poluição (Sanz-Lazaro *et al.*, 2012).

Tendência semelhante foi observada nos tecidos vegetais inteiros das três espécies de angiospermas marinhas relatadas por Mishra *et al.* (2022) onde o teor de Fe foi o elemento mais alto (795 a 1886 mg/kg) acumulado em *H. pinifolia*. O Fe é o micronutriente mais abundante em solos tropicais, desempenhando um papel crucial em uma variedade de processos vitais para as plantas, incluindo fotossíntese, respiração e sinalização hormonal (Alejandro *et al.*, 2020).

A principal vantagem de focar nos tecidos de ervas marinhas, em vez de realizar análises de sedimentos ou de concentrações de água, reside na capacidade desta abordagem de fornecer uma avaliação integrada da exposição ao longo do tempo, em contraste com uma única medição que pode ser substancialmente influenciada por variáveis como fluxo, ressuspensão e reprocessamento de sedimentos, misturas, marés e outras características geoquímicas do sedimento. Ademais, a análise direta dos tecidos de ervas marinhas possibilita quantificar as concentrações totais de metais aos quais os organismos que se alimentam dessa vegetação estão expostos (Martin *et al.*, 2022). Para compreender a ciclagem de macro e microminerais nas angiospermas marinhas, é importante estudar as tendências de acumulação nas plantas, seguido de uma investigação mais aprofundada dos padrões de acumulação entre os seus compartimentos, tais como parte aérea e subterrânea sempre que possível (Sanz-Lazaro *et al.*, 2012).

### 3.3 Objetivos

#### 3.3.1 Objetivo Geral

Realizar a caracterização dos elementos minerais presentes em cinco espécies de angiospermas marinhas localizadas no litoral cearense, visando aprofundar a compreensão desses elementos nas plantas, bem como contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo e nutrição direcionadas a megaherbívoros marinhos.

#### 3.3.2 Objetivos específicos

- Analisar os teores de macrominerais (fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e microminerais (boro, cobre, ferro, manganês e zinco) nas angiospermas marinhas do litoral cearense;
- Comparar teores de macrominerais e microminerais na parte aérea e na parte subterrânea das angiospermas marinhas do gênero *Halodule*;
- Avaliar teores de macrominerais e microminerais entre as diferentes espécies de angiospermas marinhas analisadas;
- Identificar os minerais predominantes na parte aérea e subterrânea no gênero *Halodule*.

### **3.4 Material e Métodos**

#### **3.4.1 Área de Estudo**

As angiospermas marinhas foram coletadas ao longo do litoral cearense, durante o monitoramento do projeto intitulado “Pradarias Marinhas da Costa do Estado do Ceará: Mapeamento, Biodiversidade e Estoques de Carbono Azul” (FUNCAP PS1-00186-00374.01.00/21). A espécie *Halodule wrightii*, *Halodule emarginata* e *Ruppia maritima* foram coletadas no município de Icapuí – Ceará, no Banco dos Cajuais ( $4^{\circ}40' 58''$  S,  $37^{\circ} 20' 35''$  W), Praia da Placa ( $4^{\circ}41' 37''$  S,  $37^{\circ} 20' 22''$  W) e Salinas ( $4^{\circ}42' 58''$  S,  $37^{\circ} 20' 5''$  W), respectivamente. A espécie *Halodule beaudettei* foi coletada no município de Barroquinha – Pontal das Almas ( $4^{\circ}48' 28''$  S,  $40^{\circ} 15' 96''$  W). Enquanto a espécie *Halophila decipiens* foi coletada no município de Acaraú – Espraiado ( $2^{\circ}50' 6''$  S,  $39^{\circ} 59' 25''$  W).

#### **3.4.2 Procedimentos em campo**

Para a realização dos campos foi solicitado o comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, por meio do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, com as autorizações de número: 89408-1 (ANEXO A). O material foi coletado entre julho de 2023 a julho de 2024, na maré baixa de sizígia durante o dia, com variação entre os níveis de 0,0 m e 0,4 m, utilizando as tábuas de marés do Centro de Hidrografia da Marinha. Três amostras de cada espécie foram coletadas em cada pradaria ou mancha de angiospermas marinhas, com o auxílio de um amostrador. As amostras foram cuidadosamente lavadas com água do mar para remover epífitas, areia e detritos. As algas epífitas restantes, invertebrados, areia e detritos foram removidos manualmente.

Para saber se a planta seria analisada inteira ou dividida (em parte aérea e subterrânea), levou-se em consideração os seguintes aspectos: (a) Comportamento alimentar dos megaherbívoros relatados na literatura; (b) Morfologia das plantas; (c) Tamanhos dos prados encontrados durante o campo. Desse modo, *Halophila decipiens* e *Ruppia maritima* permaneceram inteiras, enquanto *Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei* e *Halodule emarginata* foram separadas em parte aérea (folha/bainha) e subterrânea (rizoma/raízes).

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos esterilizados e congeladas até as análises em laboratório. Em seguida, foram liofilizadas e moídas, armazenadas em

frascos de vidro rotulados hermeticamente e colocadas em um dessecador em temperatura ambiente.

### 3.4.3 Procedimentos em laboratório

As análises foram realizadas na Embrapa Agroindústria Tropical, no Laboratório de Solos. A determinação dos minerais (K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn) foi realizada por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

### 3.4.4 Análises de dados

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva, em seguida, os dados foram agrupados e organizados em uma planilha Excel e analisados. Como os dados obtidos não atenderam os pressupostos para análises paramétricas, as comparações entre as espécies testadas e as partes das plantas foram realizadas utilizando testes não-paramétricos univariados e multivariados. As diferenças entre as espécies foram analisadas separadamente através do teste de comparação de médias de Kruskal-Wallis, respectivamente, utilizando o software STATISTICA® versão 7.0 e nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Já as diferenças entre as planta e partes das plantas foram verificadas a partir da Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), utilizando o software PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) versão 6.0 (Clark & Gorley, 2006).

### 3.5 Resultados e Discussão

#### 3.5.1 Macronutrientes

A composição elementar das angiospermas marinhas tem sido estudada para os macronutrientes como impulsionadores da produtividade e em relação à limitação de nutrientes e distúrbios como a eutrofização (Duarte, 1990; Fourqurean; Zieman, 2002). Para as angiospermas marinhas, o conhecimento sobre as funções de vários elementos além do Nitrogênio (N) e do Fósforo (P) é mais limitado, contudo, estudos relataram algumas dessas funções (Jagtap, 1983; Malea *et al.*, 1995; Carpaneto *et al.*, 1997; Marbà *et al.*, 2006; Touchette, 2007; Marschner, 2011; Hadi; Karimi, 2012; Enríquez; Schubert, 2014; Thangaradjou *et al.*, 2013; Holmer *et al.*, 2005; Holmer *et al.*, 2009; Olsen *et al.*, 2016). Os macrominerais das angiospermas marinhas *Halodule wrightii*, *Halodule emarginata* e *Halodule beaudettei* foram apresentados na Tabela 04.

Tabela 04 – Conteúdo de macrominerais em *Halodule wrightii*, *Halodule emarginata* e *Halodule beaudettei*

Espécie	P	K	Ca	Mg	S
.....g/kg .....					
<i>Hw (A)</i>	1,73±0,05	17,37±1,18	9,37±0,31	7,40±0,00	5,17±0,05
<i>Hw (S)</i>	1,40±0,00	15,27±0,33	17,07±2,13	9,00±0,08	10,00±0,24
<i>He (A)</i>	1,33±0,05	4,37±0,12	41,57±13,45	8,93±0,21	6,00±0,29
<i>He (S)</i>	1,00±0,00	9,67±0,17	23,80±2,73	9,93±0,25	11,97±0,25
<i>Hb (A)</i>	1,80±0,36	16,83±0,31	14,17±1,03	7,17±0,09	4,07±0,76
<i>Hb (S)</i>	0,90±0,00	14,57±0,12	42,53±1,25	9,80±0,08	7,70±0,22
<b>PL</b>	<b>0,015</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
<b>PP</b>	<b>0,001</b>	<b>0,329</b>	<b>0,074</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
<b>PL x PP</b>	<b>0,022</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>

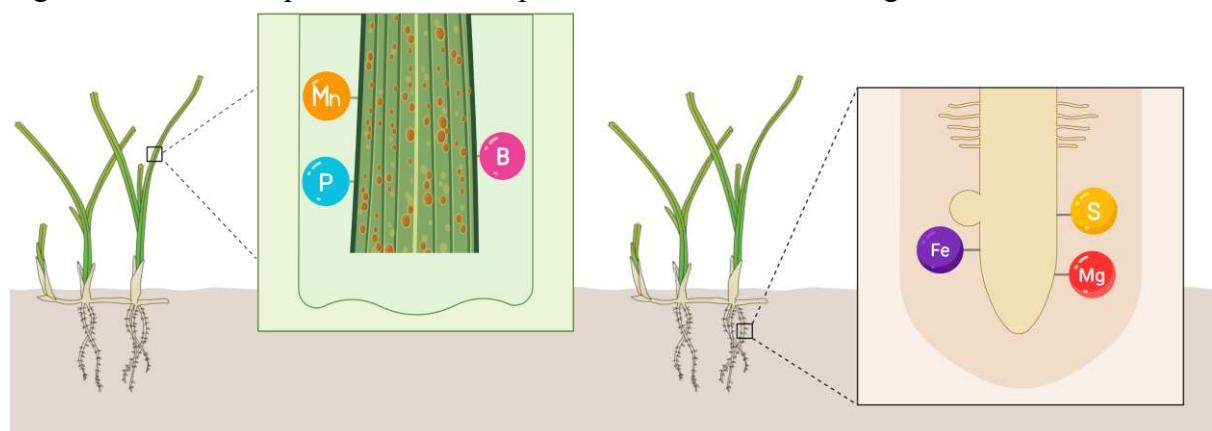
P=Fósforo; k=Potássio; Ca=Cálcio; Mg=Magnésio; S=Enxofre; A=Aérea; S=Subterrânea; Hw=*Halodule wrightii*; He=*Halodule emarginata*; Hb=*Halodule beaudettei*; PL= Planta; PP= Parte da planta

O presente estudo identificou que os valores de macrominerais não seguiram uma tendência, ocorrendo variação significativa entre as partes aéreas e subterrâneas das plantas e entre as espécies analisadas. Valores como o de potássio (K) foram maiores na parte aérea de *Halodule wrightii* e *Halodule beaudettei* em relação ao valor da parte subterrânea, que foi maior em *Halodule emarginata*. Já Fósforo (P) foi maior na parte aérea das três espécies em relação a parte subterrânea. O Cálcio (Ca) foi maior na parte subterrânea em *Halodule beaudettei* e *Halodule wrightii*, enquanto para *Halodule emarginata* foi maior na parte aérea. Magnésio (Mg) e Enxofre (S) foram maiores na parte subterrânea para as três espécies (Tabela 04).

Jeevitha *et al.* (2013) analisaram folha, rizoma e raiz de *Halophila ovalis* e encontraram maiores valores de K, Ca e Mg nos rizomas. Os mesmos autores também avaliaram folha, rizoma e raiz de *Halodule pinifolia* e encontraram valores de K, Ca maiores para os rizomas, enquanto Mg foi maior nas folhas. Vonk *et al.* (2018) realizou uma média do valor das folhas de 25 espécies de angiospermas marinhas e encontrou a seguinte ordem geral dos valores médios dos macrominerais: K > Ca > Mg > S. Os valores encontrados para Ca, P, K, Mg no presente trabalho estão entre os relatados para a espécie (Tabela 06). Os teores de P, Mg e S diferiram entre as partes das plantas, sendo P predominante na parte aérea, enquanto o Mg e o S predominantes na parte subterrânea das espécies de *Halodule* (Figura 07).

As variações no conteúdo mineral podem ser atribuídas a reações metabólicas, condições ambientais e às diferentes necessidades das espécies de angiospermas marinhas (Barko; Smart, 1980; Immaculate *et al.*, 2018). Maiores quantidades de P na parte aérea pode ocorrer, pois este nutriente está relacionado ao crescimento e a fotossíntese das plantas (Carvalho, Moreira, 2023). Já uma maior quantidade de S na parte subterrânea pode estar relacionado à utilização do S enquanto constituinte das paredes celulares, como parte de polissacarídeos sulfatados (Holmer *et al.*, 2005; Olsen *et al.*, 2016), os quais estão localizados, principalmente, na porção vegetativa da raiz (Silva, 2008). O magnésio pode ser considerado um dos constituintes majoritários na água do mar, sendo facilmente dissolvido, como forma de adaptação pela planta, pode ocorrer então acúmulo desse mineral nas raízes (Melo, 2003).

Figura 07 – Minerais predominantes na parte aérea e subterrânea no gênero *Halodule*



Fonte: Elaborado pela autora e BioRender.com. Ilustração retirada do <https://ian.umces.edu/media-library>  
P=Fósforo; Mg=Magnésio; S=Enxofre; Fe= Ferro; Mn=Manganês; B=Boro

Os macrominerais presentes nas cinco espécies de angiospermas marinhas foram apresentados na Tabela 05.

Tabela 05 – Conteúdo de macrominerais presentes nas cinco espécies de angiospermas marinhas analisadas

Espécie	P	K	Ca	Mg	S
	..... g/kg .....				
<i>Hw</i>	1,60±0,00	16,33±0,73	13,23±0,95	8,23±0,05	7,65±0,15
<i>He</i>	1,20±0,00	7,07±0,05	32,73±5,36	9,47±0,09	9,00±0,08
<i>Hb</i>	1,37±0,19	15,70±0,22	28,40±1,13	8,50±0,08	5,93±0,31
<i>Hd</i>	1,57±0,41	10,7±2,34	98,6±21,46	12,13±0,58	3,83±0,50
<i>Rm</i>	1,13±0,05	16,77±0,83	8,87±0,37	10,1±0,22	8,23±0,26
<b>P</b>	<b>0,0509</b>	<b>0,2150</b>	<b>0,1413</b>	<b>0,1065</b>	<b>0,0091</b>

P=Fósforo; k=Potássio; Ca=Cálcio; Mg=Magnésio; S=Enxofre; Hw=*Halodule wrightii*; He=*Halodule emarginata*; Hb=*Halodule beaudettei*; Hd=*Halophila decipiens*, Rm=*Ruppia marítima*; Significativo (p<0,05)

Considerando as cinco espécies íntegras, *Halodule wrightii* apresentou maior teor de P, *Ruppia marítima* maior teor de K, *Halophila decipiens* maior teor de Ca e Mg, enquanto *Halodule emarginata* apresentou maior teor de S. Magalhães (1999) ao analisar *Halodule wrightii* em Pernambuco encontrou valores menores que os encontrados por Brito (2011). *Immaculate et al.* (2018) ao analisar *Halodule uninervis* encontrou 1,1 g/kg de P; 3,2 g/kg de K; 6 g/kg de Ca e 9,2 g/kg de Mg (Tabela 06).

Os resultados da análise dos teores de macrominerais das cinco espécies de plantas aquáticas revelam padrões distintos de acumulação de macronutrientes, refletindo tanto as necessidades fisiológicas específicas de cada espécie quanto as condições ambientais em que elas estão inseridas. *Halodule wrightii* destacou-se com o maior teor de fósforo (P), um elemento essencial para a síntese de ATP, nucleotídeos e ácidos nucleicos, sendo fundamental para processos de energia e armazenamento de informações genéticas nas plantas (Carvalho, Moreira, 2023). A disponibilidade de fósforo em ambientes aquáticos pode ser um dos fatores que favorecem a acumulação desse nutriente em *Halodule wrightii*.

*Halodule emarginata* apresentou o maior teor de enxofre (S), um elemento fundamental para a síntese de aminoácidos e proteínas, além de participar de processos metabólicos como a respiração celular (Holmer *et al.*, 2005; Olsen *et al.*, 2016). A variação no teor de enxofre pode estar relacionada à sua capacidade de absorver nutrientes em ecossistemas que possuem sedimentos ou águas ricas nesse elemento, possivelmente oriundos da decomposição de matéria orgânica ou de atividades biogeoquímicas específicas no ambiente.

*Halophila decipiens* mostrou-se superior em cálcio (Ca) e magnésio (Mg), sendo cálcio importante para a estrutura celular e estando envolvido na osmorregulação (Hadi;

Karimi, 2012; Enriquez; Schubert, 2014), enquanto o magnésio é um componente central da clorofila, atua em processos fotossintéticos e composição de enzimas (Marschner, 2011; Thangaradjou *et al.*, 2013). A maior concentração desses nutrientes em *Halophila decipiens* pode refletir sua presença em ambientes ricos em carbonato de cálcio. *Ruppia maritima*, por sua vez, apresentou o maior teor de potássio (K), sendo este macromineral crucial para a regulação osmótica, a ativação de enzimas e a condução de nutrientes nas células vegetais (Touchette, 2007; Olsen *et al.*, 2016).

A predominância de *Ruppia maritima* em ambientes aquáticos rasos, onde a concentração de potássio pode ser alta devido à lixiviação ou à decomposição de matéria orgânica, sugere que essa espécie está bem adaptada a captar e acumular K. Essas diferenças nos teores de macrominerais refletem a complexa interação entre as espécies vegetais e seu ambiente, incluindo fatores como a composição do solo, a disponibilidade de nutrientes, e as adaptações fisiológicas e morfológicas que cada espécie desenvolve para sobreviver e prosperar em seu habitat particular.

Observou-se que o teor de S foi menor em *Halophila decipiens*, diferido das demais espécies analisadas (Figura 08).

Figura 08 - Distribuição do macromineral enxofre (S) para as cinco espécies de angiospermas marinhas

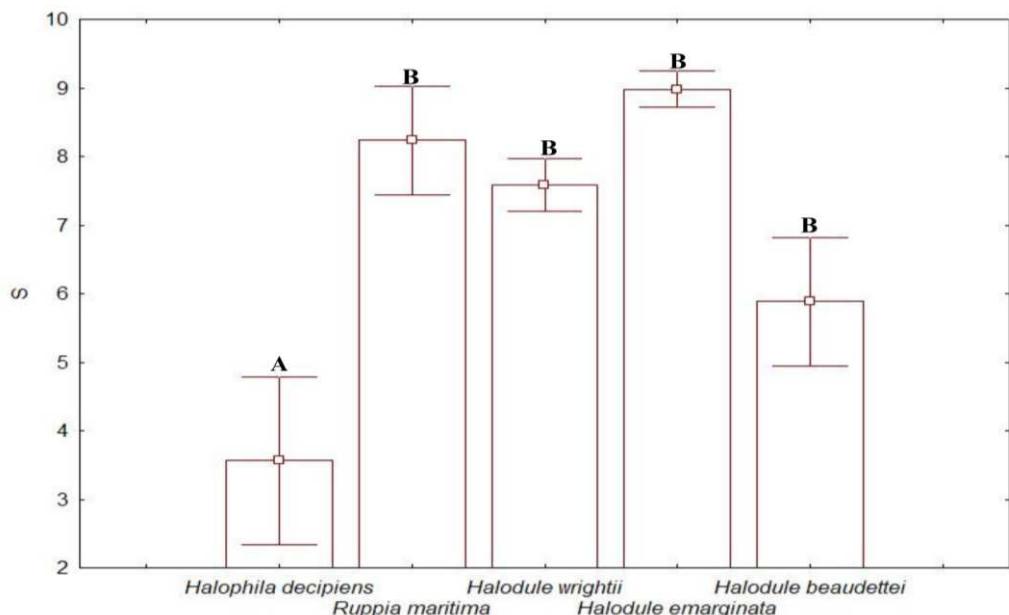


Tabela 06 – Valores de macrominerais (g/kg) e microminerais (mg/kg) de angiospermas marinhas do gênero *Halodule*, *Halophila* e *Ruppia*.

Espécie	Tecido	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn	Referências
		g/kg					mg/kg			
<b><i>Halodule</i></b>										
<i>Halodule uninervis</i>	—	—	—	—	—	9,13 ±1,23 (7,59 - 10,9)	376,9 ±29,0 (339 - 405)	10,85 ± 2,03 (9,20 - 14,1)	54,1 ±10,2 (40,56 - 71,72)	Arisekar <i>et al.</i> ,2021
<i>Halodule uninervis</i>		1,1	3,2	6	9,2	43,6	9450	222,1	—	Imaculate <i>et al.</i> , 2018
<i>Halodule wrightii</i>	—	—	—	—	—	6,5 (2,23 - 13,4)	—	20,1 (13,1- 39,5)	—	Brito <i>et al.</i> ,2016
<i>Halodule pinifolia</i>	Folha	—	—	—	9,7	10,7	5992,20	42,54	101,2	Thangaradjou <i>et al.</i> , 2013
<i>Halodule uninervis</i>	-----	—	—	—	10	17,5	5737,10	30,69	129,1	Thangaradjou <i>et al.</i> , 2013
<i>Halophila ovalis</i>	Folha	—	19,7 – 30,2	13,8 – 19,3	21,5 – 26,7	—	—	—	—	Jeevitha <i>et al.</i> , 2013
<i>Halophila ovalis</i>	Rizoma	—	22,7 – 30,5	15,5 - 24	29,7 – 36,6	—	—	—	—	Jeevitha <i>et al.</i> , 2013
<i>Halophila ovalis</i>	Raiz	—	18,5 – 26,3	11,7 – 18,6	17,8 – 25,4	—	—	—	—	Jeevitha <i>et al.</i> , 2013
<i>Halodule pinifolia</i>	Folha	—	24,8 – 30,4	18,7 – 24,7	24,4 – 39,8	—	—	—	—	Jeevitha <i>et al.</i> , 2013
<i>Halodule pinifolia</i>	Rizoma	—	27,7 – 32,4	15,5 – 28,1	28,4 – 32,9	—	—	—	—	Jeevitha <i>et al.</i> , 2013
<i>Halodule pinifolia</i>	Raiz	—	22,5 – 29,4	13,5 – 19,8	19,5 – 29,1	—	—	—	—	Jeevitha <i>et al.</i> , 2013
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	1,77 – 11,2	2,37 – 19,4	10,4 – 18,3	1,77 – 11,2	3,88 – 5,34	509 - 13200	15,1 – 22,8	92 - 110	Brito, 2011
<i>Halodule wrightii</i>	Inteira	1,35 - 2,76	1,75 – 3,25	11 – 25,7	6,90 – 8,58	2,32 – 8,2	1460 - 4150	13,1 – 29,2	22,8 - 133	Brito, 2011
<i>Halodule wrightii</i>	Folha	—	—	—	—	7,2 – 26,3	331 - 661	17,7 – 37,2	115 – 803,5	Amado-Filho <i>et al.</i> , 2008
<i>Halodule wrightii</i>	Rizoma	—	—	—	—	5,5 – 15,5	955 - 2800	21,1 – 30,1	17,6 – 102,5	Amado-Filho <i>et al.</i> , 2008
<i>Halodule wrightii</i>	Raiz	—	—	—	—	9,1 – 32,2	2826 - 5664	13,0 – 23,0	16,1 – 42,7	Amado-Filho <i>et al.</i> , 2008
<i>Halodule wrightii</i>	—	—	—	—	—	—	—	128±23	—	Amado-Filho <i>et al.</i> , 2004
<i>Halodule wrightii</i>	—	0,2	—	10,2	—	—	—	—	—	Magalhães (1999)
<i>Halodule wrightii</i>	—	—	—	—	—	—	—	28 - 128	—	Amado-filho; Pfeiffer, 1998

<i>Halophila</i>										
<i>Halophila ovata</i>	—	—	—	—	—	4,58 ± 0,61 (3,84 - 5,49)	67,54 ± 13,2 (48,32 - 79,03)	3,23 ± 1,72 (1,21 - 5,67)	15,41±1,98	Arisekar <i>et al.</i> , 2021
<i>Halophila beccarii</i>	Folha	—	—	—	—	84,4	—	177,5	—	Zhang <i>et al.</i> , 2021
<i>Halophila beccarii</i>	Rizoma e Raiz	—	—	—	—	57,7	—	102,8	—	Zhang <i>et al.</i> , 2021
<i>Halophila beccarii</i>	Folha	—	—	—	—	20,6	—	84,2	—	Zhang <i>et al.</i> , 2021
<i>Halophila beccarii</i>	Rizoma e Raiz	—	—	—	—	12,5	—	63,9	—	Zhang <i>et al.</i> , 2021
<i>Halophila ovalis</i>	Folha	—	—	—	—	11,2	—	41,9	—	Zhang <i>et al.</i> , 2021
<i>Halophila ovalis</i>	Rizoma e Raiz	—	—	—	—	13,6	—	41,7	—	Zhang <i>et al.</i> , 2021
<i>Halophila ovalis</i>	-----	—	—	—	—	3,79 – 5,16	—	9,42 – 38,56	—	Gopi <i>et al.</i> , 2020
<i>Halophila ovalis</i>	Folha	—	—	—	—	27 - 35	—	130 - 287	154 - 292	Birch <i>et al.</i> , 2018
<i>Halophila ovalis</i>	Raiz	—	—	—	—	12 - 21	—	55 - 94	77-91	Birch <i>et al.</i> , 2018
<i>Halophila ovalis</i>	Folha	—	—	—	—	22 - 32	—	136 - 165	458 - 475	Birch <i>et al.</i> , 2018
<i>Halophila ovalis</i>	Raiz	—	—	—	—	5,8 – 8,3	—	24 - 30	27 - 38	Birch <i>et al.</i> , 2018
<i>Halophila stipulacea</i>	Folha	—	—	—	—	18,6 – 23,8	—	37,2 – 44,7	65,3 – 69,4	Bonanno; Raccuia, 2018
<i>Halophila stipulacea</i>	Rizoma	—	—	—	—	13,3 – 16,6	—	28,5 – 32,2	52,4 – 60,5	Bonanno; Raccuia, 2018
<i>Halophila stipulacea</i>	Raiz	—	—	—	—	25,9 – 28,9	—	44,2 - 52,3	86,4 - 103	Bonanno; Raccuia, 2018
<i>Halophila decipiens</i>	—	—	—	—	6,7	21,5	5982,60	60,96	1255	Thangaradjou <i>et al.</i> , 2013
<i>Halophila ovalis</i>	Folha	—	—	—	—	20 ± 3,5	5860±390	27,6 ± 2,6	555±57	Kilminster, 2013
<i>Halophila ovalis</i>	Rizoma	—	—	—	—	13,3 ± 2,2	8760±730	36 ± 3,9	178±13	Kilminster, 2013
<i>Halophila ovalis</i>	Raiz	—	—	—	—	38 ± 6,6	22960±1470	34 ± 3,2	344±36	Kilminster, 2013
<i>Halophila stipulacea</i>	Folha	—	19.82	19.66	13,5	19,8 ± 8,3 (1,9-81,3)	638±66 (331-1106)	26,4 ± 3,3 (13,9-47,2)	—	Malea, 1994
<i>Halophila stipulacea</i>	Rizoma e Raiz	—	15.41	19.39	10.71	15,7 ± 8,4 (1.9 - 79.7)	676±69 (343 - 1212)	20.1 ± 3.7 (6.2 - 47,2)	—	Malea, 1994

<i>Ruppia</i>										
<i>Ruppia megacarpa</i>	Folha	—	—	—	—	51 ± 8,2	1220±112	25 ± 4,7	1120±77	Kilminster, 2013
<i>Ruppia megacarpa</i>	Rizoma e raiz	—	—	—	—	41±4,9	4260±970	28±5,5	638±102	Kilminster, 2013
<i>Ruppia cirrhosa</i>	Folha	—	—	—	—	—	—	19 - 71	—	Malea <i>et al.</i> , 2008.
<i>Ruppia cirrhosa</i>	Rizoma	—	—	—	—	—	—	19 - 39	—	Malea <i>et al.</i> , 2008.
<i>Ruppia cirrhosa</i>	Raiz	—	—	—	—	—	—	19 - 56	—	Malea <i>et al.</i> , 2008.
<i>Ruppia maritima</i>	Folha	—	—	—	—	32,1	2964	125,3	—	Malea <i>et al.</i> , 2008.
<i>Ruppia maritima</i>	Rizoma	—	—	—	—	26,1	4895	132,5	—	Malea <i>et al.</i> , 2008.
<i>Ruppia maritima</i>	Raiz	—	—	—	—	56	17671	246	—	Malea <i>et al.</i> , 2008.
<i>Ruppia maritima</i>	-----	—	—	—	—	2,0 - 6,1	—	17,7 - 36,9	—	Lewis <i>et al.</i> , 2004
<i>Ruppia maritima</i>	Inteira	—	—	—	—	11 - 20,1	—	77 - 103	—	DiGiulio; Scanlon, 1985

P=Fósforo; k=Potássio; Ca=Cálcio; Mg=Magnésio; Fe=Ferro; Cu=Cobre; Zn=Zinco; Mn=Manganês

### 3.5.2 Microminerais

Foi relatado para as diferentes espécies de angiospermas marinhas que os valores de micronutrientes seguem uma tendência (Vonk *et al.*, 2018; Serrano *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2021). Isso também ocorreu neste trabalho, no qual a tendência observada foi: Ferro (Fe) > Boro (B) > Manganês (Mn) > Zinco (Zn) > Cobre (Cu). Os microminerais das angiospermas marinhas *Halodule wrightii*, *Halodule emarginata* e *Halodule beaudettei* foram apresentados na Tabela 07.

Tabela 07 – Conteúdo de microminerais em *Halodule wrightii*, *Halodule emarginata* e *Halodule beaudettei* do litoral cearense

Espécie	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Tendência
..... mg/kg .....						
<b>Hw (A)</b>	5,33±0,47	605±47,89	8±0,82	101±0,94	781±16,50	B>Mn>Fe>Zn>Cu
<b>Hw (S)</b>	4,67±0,47	3124±226,15	14±0,00	52±3,68	532±11,84	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<b>He (A)</b>	9,33±0,94	2979±413,36	19,33±0,94	225±13,30	776±73,54	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<b>He (S)</b>	8,67±0,94	2418±71,97	16±0,00	62±1,63	415±8,22	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<b>Hb (A)</b>	5,67±0,47	1591±128,60	12,33±1,70	109±11,90	742±135,65	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<b>Hb (S)</b>	5±0,00	5854±192,67	15,67±0,47	78±1,63	258±8,01	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<b>PL</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,009</b>	----
<b>PP</b>	0,108	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	----
<b>PL x PP</b>	----	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	0,079	----

Cu=Cobre; Fe=Ferro; Zn=Zinco; Mn=Manganês; B=Boro; A=Aérea; S=Subterrânea; Hw=*Halodule wrightii*; He=*Halodule emarginata*; Hb=*Halodule beaudettei*; PL= Planta; PP= Parte da planta

*Halodule wrightii* e *Halodule beaudettei* apresentaram valores maiores de Cu, Mn e B na parte aérea, enquanto Fe, Zn foram maiores na parte subterrânea, já *Halodule emarginata* apresentou valores maiores de Cu, Fe, Mn, Zn, Mn e B para parte aérea (Tabela 07). Quando as partes aéreas e subterrâneas do gênero *Halodule* foram avaliadas estatisticamente, observou-se que os micronutrientes diferiram entre as plantas. Além disso, entre as partes das plantas, diferiram para Fe, Zn, Mn e B (Tabela 07). Amado-Filho *et al.* (2008) na Bahia analisou a folha, o rizoma e a raiz de *Halodule wrightii* e encontrou valores maiores de Fe para as raízes (Tabela 06).

A maior acumulação de cobre nas folhas das angiospermas marinhas do que nos tecidos subterrâneos está de acordo com estudos anteriores realizados dessas plantas (Lyngby; Brix, 1984; Bonanno; Orlando-Bonaca, 2017; Birch; Cox; Besley, 2018). As angiospermas marinhas têm, no entanto, a capacidade de transportar metais através dos tecidos (Lyngby e Brix, 1984) e é por isso que podemos encontrar também um acúmulo de cobre nas raízes e

rizomas sob água do mar enriquecida com Cu (Los-Santos *et al.*, 2019). Ademais, o Mn também tende a se acumular em maior grau na parte aérea (Sanchiz *et al.*, 1999; Prange; Dennison, 2000; Babula *et al.*, 2008). Maior concentração de minerais acima do solo em comparação a concentração abaixo do solo sugere uma distribuição preferencial de absorção da coluna d'água pelas folhas e/ou translocação eficiente das raízes para as folhas (Komar *et al.*, 2014).

Observou-se que os microminerais Mn e B foram predominantes na parte aérea, enquanto o Fe foi predominante na parte subterrânea no gênero *Halodule* (Figura 07). O valor de Fe maior na parte subterrânea pode ser explicado, pois esse micromineral apresenta maior concentração nas raízes do que nas folhas (Amado Filho *et al.*, 2004; Amado Filho *et al.*, 2008). O fato dos microminerais Mn e B predominarem na parte aérea (Figura 07) podem ser explicados, pois Mn desempenha papel importante em processos vitais, como a fotossíntese, respiração e sinalização de hormônios (Jagtap, 1983; Alejandro *et al.*, 2020; Silva, 2022), valores maiores de Mn para parte aérea foram observados também por Amado-Filho *et al.* (2008). Já Boro auxilia no crescimento vegetal e no desenvolvimento de novos tecidos (Carvalho; Meireles, 2023). Enquanto o Fe é o micronutriente mais abundante em solos tropicais e desempenha um papel crucial em uma variedade de processos vitais para as plantas, incluindo respiração e sinalização hormonal, o que pode explicar sua predominância na parte subterrânea (Alejandro *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2021).

Os micronutrientes presentes nas cinco espécies de angiospermas marinhas foram apresentados na Tabela 08.

Tabela 08 – Conteúdo de microminerais presentes nas cinco espécies de angiospermas marinhas analisadas

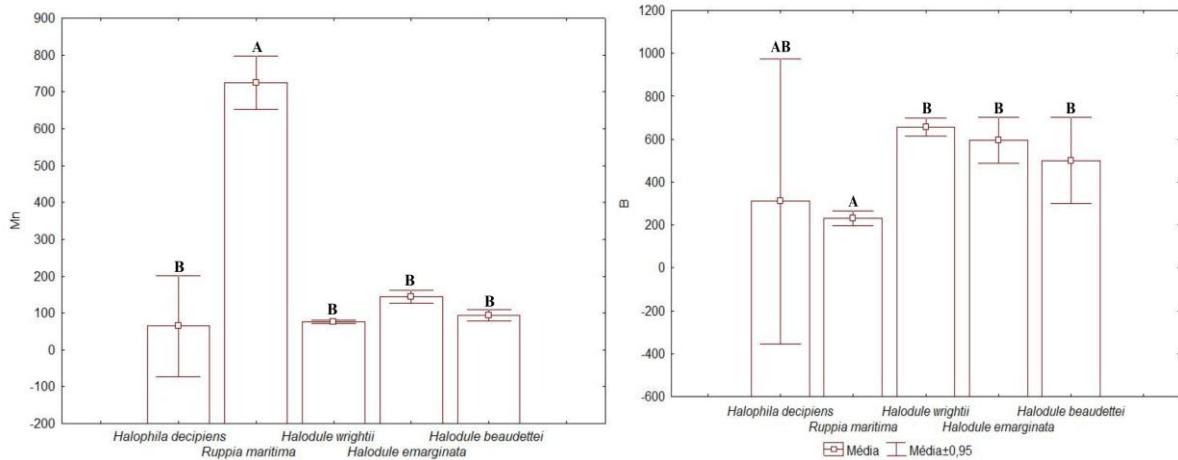
Espécie	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Tendência
..... mg/kg .....						
<i>Hw</i>	5,00±0,41	1865±95,46	11,00±0,41	77,00±1,47	657±14,12	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<i>He</i>	9,00±0,82	2699±234,63	17,67±0,47	143,67±5,91	596±35,19	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<i>Hb</i>	5,33±0,24	3723±148,01	14,00±0,82	93,83±5,33	500±66,25	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<i>Hd</i>	6 ±0,82	5359±251,89	19±2,83	221±16,74	560±158,41	Fe>B>Mn>Zn>Cu
<i>Rm</i>	6,67±0,47	1680±145,51	13,67±0,94	725±23,79	231±11,05	Fe>Mn>B>Zn>Cu
<b>P</b>	<b>0,3570</b>	<b>0,0511</b>	<b>0,0876</b>	<b>0,0186</b>	<b>0,0181</b>	

Cu=Cobre; Fe=Ferro; Zn=Zinco; Mn=Manganês; B=Boro; Hw=*Halodule wrightii*; He=*Halodule emarginata*; Hb=*Halodule beaudettei*; Hd=*Halophila decipiens*; Rm=*Ruppia marítima*; Significativo ( $p<0,05$ )

Considerando as cinco espécies íntegras, *Halodule Wrightii* apresentou o maior teor de B, *Halodule emarginata* apresentou maior teor de Cu, enquanto *Halophila decipiens*

foi a espécie que apresentou maior teor de Fe e Zn, tendo *Ruppia maritima* apresentado o maior valor de Mn (Tabela 08). Verificou-se que o Mn e o B diferiram entre as espécies, tendo Mn diferido entre *Ruppia maritima* e as demais espécies e B diferido entre *Ruppia maritima* e as espécies do gênero *Halodule* (Figura 09).

Figura 09 - Distribuição dos microminerais Manganês (Mn) e Boro (B) para as cinco espécies de angiospermas marinhas



A análise dos teores de microminerais mostrou variações que podem refletir a complexidade da relação entre cada espécie e seu ambiente. *Halodule wrightii* destacou-se com o maior teor de boro (B), o que pode ser atribuído a uma eficiente absorção em habitats ricos nesse elemento, importante para processos celulares como divisão e formação de paredes celulares (Carvalho, Moreira, 2023; Costa, 2024). *Halodule emarginata* apresentou níveis superiores de cobre (Cu) (Tabela 08). O maior teor de Cu pode ser justificado pela morfologia ou fisiologia que podem favorecer a absorção desse micronutriente, essencial para processos enzimáticos e fotossintéticos (Carvalho; Moreira, 2023).

A diferença observada no teor de Mn em *Ruppia maritima* em comparação com outras espécies pode ser atribuída a limitações ambientais. *Halophila decipiens* apresentou alto teor de ferro (Fe) e zinco (Zn), os quais são fundamentais para a fotossíntese, respiração celular e funções enzimáticas (Duarte *et al.*, 1995; Malea *et al.*, 1995; Alves, 2024). A variação no teor de boro entre *Ruppia maritima* e as espécies do gênero *Halodule* sugere que *Ruppia maritima* pode estar em um ambiente com disponibilidade limitada de boro ou possuir mecanismos de absorção menos eficazes.

Embora um grande progresso tenha sido feito na compreensão do acúmulo e tolerância de metais em angiospermas marinhas, os mecanismos moleculares subjacentes ao transporte e homeostase de metais nessas plantas permanecem amplamente desconhecidos.

Assim, mais estudos nas diferentes espécies são necessários para entender melhor o acúmulo de metais em angiospermas marinhas em todo o mundo (Li *et al.*, 2023). Apesar de autores como Gardner *et al.* (2006) e Storelli *et al.* (2008) terem avaliado metais no trato gastrointestinal de espécies de tartarugas (*Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea*, *Eretmochelys imbricata*), a relação dos metais em megaherbívoros marinhos e sua relação com os alimentos consumidos precisa ser melhor esclarecida.

### 3.6 Conclusão

- Observou-se que os microminerais, diferentemente dos macrominerais, tiveram um padrão de ocorrência  $\text{Fe} > \text{B} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ ;
- Os elementos fósforo (P), manganês (Mn) e boro (B) predominavam na parte aérea, enquanto magnésio (Mg), enxofre (S) e ferro (Fe) foram mais abundantes na parte subterrânea no gênero *Halodule*;
- *Halodule wrightii* apresentou maior teor de fósforo (P) e boro (B), *Halodule emarginata* maior teor de enxofre (S) e cobre (Cu), *Ruppia maritima* maior teor de potássio (K) e manganês (Mn), enquanto *Halophila decipiens* apresentou maior teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe) e zinco (Zn), tendo S, Mn e B apresentado variações significativas entre as espécies.

## 4 ANÁLISE DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM ANGIOSPERMAS MARINHAS DO LITORAL CEARENSE

### RESUMO

Em diversas regiões do planeta, as angiospermas marinhas permanecem inadequadamente estudadas, apesar de desempenharem um papel ecológico crucial na manutenção dos ecossistemas marinhos. Essas plantas fornecem serviços ecossistêmicos essenciais, servindo como habitat, berçário e fontes de alimento para uma ampla diversidade de organismos marinhos. Apesar de sua importância, pouco é conhecido sobre o perfil de ácidos graxos dessas plantas na costa do Ceará. Assim, pesquisas sobre os compostos em angiospermas marinhas são essenciais para a conservação e o manejo desses ecossistemas. Nessa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo investigar o perfil de ácidos graxos dos extratos hexânicos das partes aéreas (EH-PA), subterrâneas (EH-PS) e íntegras (EH-PI) de angiospermas marinhas do litoral semiárido do Brasil. Os extratos foram obtidos segundo procedimentos padronizados e submetidos a reação de esterificação. Os extratos metilados foram analisados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). Os rendimentos dos extratos hexânicos das partes aéreas (EH-PA), subterrâneas (EH-PS) e íntegras (EH-PI) foram: 26,53 mg/g *H.d* (EH-PI); 19,4 mg/g *R.m* (EH-PI); 19,13 mg/g *H.w* (EH-PA); 18,87 mg/g *H.w* (EH-PS); 29,53 mg/g *H.b* (EH-PA); 16,1 mg/g *H.b* (EH-PS). 16 ácidos graxos foram identificados. Dos diferentes constituintes detectados, destaca-se a presença do ácido oleico e ácido palmítico. Os resultados demonstraram que a caracterização química é uma importante ferramenta para a compreensão das propriedades fitoquímicas que podem estar relacionados a funções nutricionais e ecológicas, contribuindo para a saúde e biodiversidade marinha.

**Palavras-Chave:** ácidos graxos, cromatografia, funções nutricionais.

## SUMMARY

In several regions of the planet, seagrassess remain inadequately studied, despite playing a crucial ecological role in the maintenance of marine ecosystems. These plants provide essential ecosystem services, serving as habitat, nursery, and food sources for a wide diversity of marine organisms. Despite their importance, little is known about the fatty acid profile of these plants on the coast of Ceará. Thus, research on the compounds in seagrassess is essential for the conservation and management of these ecosystems. From this perspective, the present study aimed to investigate the fatty acid profile of hexane extracts from the aerial (EH-PA), underground (EH-PS) and integral (EH-PI) parts of seagrassess from the semiarid coast of Brazil. The extracts were obtained according to standardized procedures and submitted to an esterification reaction. The methylated extracts were analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). The yields of the hexane extracts of the aerial (EH-PA), underground (EH-PS) and integral (EH-PI) parts were: 26.53 mg/g *H.d* (EH-PI); 19.4 mg/g *R.m* (EH-PI); 19.13 mg/g *H.w* (EH-PA); 18.87 mg/g *H.w* (EH-PS); 29.53 mg/g *H.b* (EH-PA); 16.1 mg/g *H.b* (EH-PS), 16 fatty acids were identified. Of the different constituents detected, the presence of oleic acid and palmitic acid stands out. The results demonstrated that chemical characterization is an important tool for understanding phytochemical properties that may be related to nutritional and ecological functions, contributing to marine health and biodiversity.

**Key words:** fatty acids, chromatography, nutritional functions.

## 4.1 Introdução

O metabolismo vegetal pode ser dividido em duas categorias principais: metabólitos primários e secundários. Metabólitos primários incluem a clorofila, proteínas, açúcares, aminoácidos e ácidos graxos, enquanto metabólitos secundários abrangem terpenos, flavonoides, fenólicos, saponinas e alcaloides (Kala; Mallikarjuna; Aruna, 2012; Wadood *et al.*, 2013; Windyswari *et al.*, 2019). Estando os metabólitos primários diretamente envolvidos no processo de metabolismo das plantas (Leela; Shashank; Suresh, 2013; Windyswari *et al.*, 2019). Desse modo, o presente capítulo tem como foco principal a análise de ácidos graxos em angiospermas marinhas.

Sendo assim, para a identificação e quantificação robusta de diversos metabólitos em extratos de plantas, a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM) é uma técnica amplamente utilizada (Halket; Zaikin, 2003). O CG-EM oferece vantagens significativas sobre outros métodos, pois tem sido empregado por um longo período para traçar perfis metabólicos e, portanto, possui protocolos estabelecidos para configuração, manutenção e interpretação de cromatogramas. Essa técnica é eficaz para cobrir uma ampla gama de compostos (Sumner; Mendes; Dixon, 2003). Além disso, o CG-EM é preferido para a separação de metabólitos de baixo peso molecular, que podem ser voláteis ou convertidos em compostos voláteis e termicamente estáveis por meio de derivatização química (como a reação de esterificação) antes da análise (Hall, 2002).

As angiospermas marinhas são conhecidas por seus metabólitos (Maurer; Parker, 1967; Attaway *et al.*, 1971; Athiperumalsami; Kumar; Jesudass, 2008; Maciel, 2019). Assim, visando abordar a problemática sobre a falta de análises fitoquímicas de ácidos graxos dessas plantas no Brasil e suas contribuições para as dietas de megaherbívoros, o que é fundamental para entender melhor o quadro metabólico e explorar suas propriedades (Jeyapragash; Saravanakumar; Yosuva, 2021), realizou-se o presente trabalho.

Segundo Pradheeba *et al.* (2011), os metabólitos primários são fontes valiosas de valor nutricional. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa é realizar a análise fitoquímica de ácidos graxos em angiospermas marinhas do litoral cearense. A análise por CG para determinação de ácidos graxos já revelou diferentes constituintes em *Halophila engelmanni*, *Thalassia testudinum* e *Ruppia maritima*, *Diplanthera wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Halodule spinulosa*, *Cymodocea serrulata*, *Enhalus acoroides* e *Halodule wrightii* (Maurer; Parker, 1967; Attaway *et al.*, 1971; Maciel, 2019), mas faltam dados para espécies de angiospermas marinhas, como *Halodule beaudettei* e *Halodule emarginata*.

## 4.2 Aspectos Gerais Sobre o Tema

Os organismos vivos passam por diversas transformações químicas realizadas por dois tipos principais de metabolismo: o metabolismo primário e o metabolismo secundário. Os metabólitos primários são produzidos pelas plantas e envolvem vias metabólicas essenciais para o crescimento e desenvolvimento das espécies. Em contraste, os metabólitos secundários estão relacionados à adaptação das plantas para a sobrevivência, desempenhando funções como proteção contra pragas e patógenos, dispersão de sementes, além de modulação da resposta ao estresse abiótico. Os compostos do metabolismo primário incluem ácidos graxos, que são moléculas essenciais para as funções vitais das plantas (Filho, 2010; Pott; Osório; Taiz *et al.*, 2017; Dhaniaputri *et al.*, 2022).

Os lipídios da dieta são fonte de ácidos graxos, componentes importantes para o balanço energético, biossíntese de membranas, produção de eicosanóides e outras funções especializadas. Nos tecidos, podem ser oxidados a acetil-CoA ou esterificados a acilglicerol, onde como triacilglicerol constituem a forma mais eficiente de reserva calórica do organismo. Muitas das propriedades funcionais das membranas são influenciadas por ácidos graxos que compõem os fosfolipídeos (Moreira; Curi; Mancini, 2002).

Representam um grande grupo de moléculas que compreendem a maioria dos lipídios encontrados em todos os organismos. A sua grande diversidade, restrições bioquímicas e, em alguns casos, origem única entre planta, fomentaram uma série de áreas de investigação, incluindo a avaliação da nutrição, metabolismo animal, até à investigação de interações tróficas e da estrutura dos ecossistemas (Budge; Iverson; Koopman, 2006).

Um ácido graxo consiste em uma série de átomos de carbono, unidos por ligações simples (saturado) ou duplas (insaturado), com um grupo carboxila ao final da cadeia de hidrocarbonetos. Os ácidos graxos apresentam diferentes tamanhos de cadeia de átomos de carbono (Moreira; Curi; Mancini, 2002; Mahan, 2015). São classificados de acordo com o número de carbonos na cadeia, o número de ligações duplas e a posição da primeira ligação dupla. Assim, ácidos graxos de cadeia curta possuem de 4 a 6 carbonos, os de cadeia média de 6 a 12 carbonos e os de cadeia longa de 16 a 22 carbonos (Manhezi; Bachion; Pereira, 2008; Mahan, 2015).

Os lipídios constituem um componente nutricional de grande importância, servindo como a principal fonte de energia metabólica que apoia o rápido desenvolvimento nos primeiros estágios (Glencross, 2009). Esses compostos fornecem pelo menos duas vezes e meia mais energia do que proteínas ou carboidratos (Parrish, 2013). Os ácidos graxos livres e

triglicerídeos, apresentam uma renovação rápida e são capazes de atender às demandas energéticas de curto prazo (podem ser prontamente utilizados pelas células para a produção de energia) (Budge *et al.*, 2006). Os ácidos graxos saturados permitem a liberação de energia de maneira mais eficiente em comparação aos ácidos graxos poli-insaturados (devido à sua estrutura química, que pode exigir mais passos enzimáticos) (Langdon e Waldock, 1981).

O ácido linoleico e o ácido linolênico não podem ser sintetizados pelos mamíferos, por não possuírem a enzima delta9-dessaturase, são assim chamados de ácidos graxos essenciais e devem ser obtidas obrigatoriamente a partir da dieta (Moreira; Curi; Mancini, 2002). Os ácidos graxos linoleico (ômega-6) e linolênico (ômega-3) são essenciais para funções celulares normais, e atuam como precursores para a síntese de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa como os ácidos araquidônicos, eicosapentaenoico e docosaeaxenoico, que fazem parte de numerosas funções celulares como a integridade e fluidez das membranas, atividade das enzimas de membrana e síntese de eicosanoides (Moreira; Curi; Mancini, 2002).

Embora os tecidos contenham ácidos graxos em estruturas de membrana ou em pequenos depósitos lipídicos, é o tecido adiposo (ou gordura no caso de mamíferos marinhos) o principal local de armazenamento de ácidos graxos (Budge; Iverson; Koopman, 2006). Ácidos graxos consumidos por monogástrico são depositados no tecido adiposo com pouca modificação ou em um padrão previsível, fornecendo assim um registro integrado da ingestão alimentar ao longo do tempo (Budge; Iverson; Koopman, 2006), sendo uma ferramenta útil para estudos dietéticos (Joseph *et al.* 1985; Dalsgaard *et al.* 2003; Seaborn *et al.* 2005; Budge *et al.* 2006; Jaschinski *et al.* 2011).

A composição de ácidos graxos dos estoques lipídicos é o resultado de três fontes metabólicas: (1) ácidos graxos alimentares não modificados que são depositados diretamente no tecido adiposo, (2) ácidos graxos dietéticos que são modificados em algum ponto entre a absorção no sangue e a deposição, e (3) ácidos graxos derivado endogenamente. Assim, é importante compreender a entrada relativa potencial de cada processo. Em mamíferos marinhos o maior contribuinte para a composição de ácidos graxos do tecido adiposo é a deposição direta de ácidos graxos da dieta, de modo que a influência relativa da dieta nas reservas de gordura pode ser facilmente aparente. No entanto, também haverá contribuições dos outros dois processos (Budge; Iverson; Koopman, 2006).

Durante a digestão, os lipídios ingeridos são hidrolisados (ou seja, as ligações éster são quebradas) para produzir ácidos graxos livres, monoacilgliceróis e lisofosfolipídios. Esses produtos passam através da parede mucosa do intestino delgado, transformam-se em

acillipídios e são transportados por quilomícrons (isto é, as lipoproteínas que transportam ácidos graxos derivados da dieta) no sangue para os tecidos. No entanto, os ácidos graxos de cadeia curta e média são uma exceção, pois são transportados para o fígado, onde são imediatamente oxidados (Brindley 1991, Papamandjaris *et al.* 1998).

### 4.3 Objetivos

#### 4.3.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo identificar e caracterizar o perfil químico dos ácidos graxos presentes nas angiospermas marinhas do litoral semiárido, a fim de compreender melhor a nutrição de megaherbívoros, subsidiar estudos futuros e ações para a conservação das espécies na costa do Ceará.

#### 4.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar a extração e análise dos perfis de ácidos graxos das angiospermas marinhas *Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei*, *Halophila decipiens* e *Ruppia maritima* utilizando técnicas como cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM);
- Identificar os principais ácidos graxos presentes nas plantas analisadas;
- Quantificar os principais ácidos graxos presentes nas plantas analisadas.

## 4.4 Materiais e Métodos

### 4.4.1 Coleta e Identificação Do Material Vegetal

As angiospermas marinhas foram coletadas ao longo do litoral cearense, durante o monitoramento do projeto intitulado “Pradarias Marinhas da Costa do Estado do Ceará: Mapeamento, Biodiversidade e Estoques de Carbono Azul” (FUNCAP PS1-00186-00374.01.00/21). A espécie *Halodule wrightii* e *Ruppia maritima* foram coletadas no município de Icapuí – Ceará, no Banco dos Cajuais ( $4^{\circ}40' 58''$  S,  $37^{\circ} 20' 35''$  W) e Salinas ( $4^{\circ}42' 58''$  S,  $37^{\circ} 20' 5''$  W), respectivamente. A espécie *Halodule beaudettei* foi coletada no município de Barroquinha – Pontal das Almas ( $4^{\circ}48' 28''$  S,  $40^{\circ} 15' 96''$  W). Enquanto a espécie *Halophila decipiens* foi coletada no município de Acaraú – Espraiado ( $2^{\circ}50' 6''$  S,  $39^{\circ} 59' 25''$  W).

A planta foi identificada por meio de chaves de identificação e auxílio da equipe técnica do Laboratório de Zoobentos da Universidade Federal do Ceará. Os espécimes adicionais coletados foram herborizados, tombadas e depositados no Laboratório de Zoobentos da Universidade Federal do Ceará. Para saber se a planta seria analisada inteira ou dividida (em parte aérea e subterrânea), levou-se em consideração os seguintes aspectos: (a) Comportamento alimentar dos megaherbívoros relatados na literatura; (b) Morfologia das plantas; (c) Tamanhos dos prados encontrados durante o campo. Desse modo, *Halophila decipiens* e *Ruppia maritima* permaneceram inteiras, enquanto *Halodule wrightii* e *Halodule beaudettei* foram separadas em parte aérea e subterrânea.

### 4.4.2 Extração e Reação de Esterificação das plantas

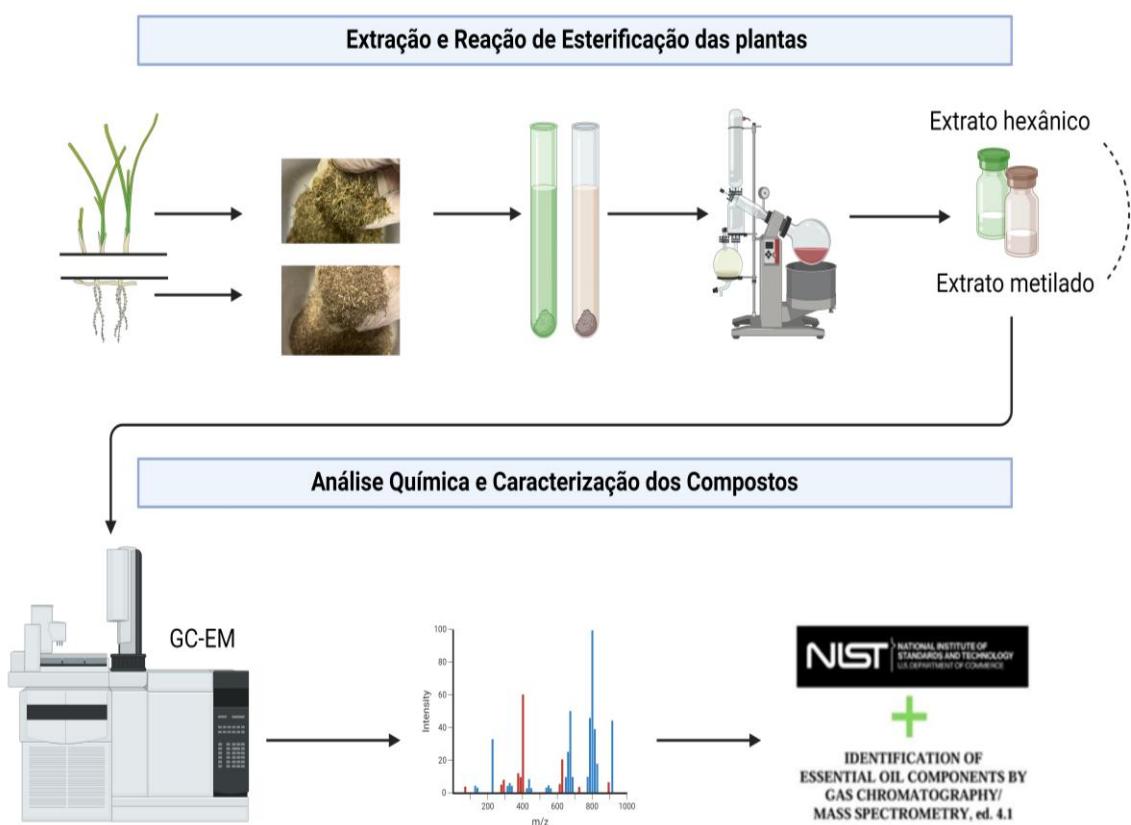
As análises foram realizadas na Embrapa Agroindústria Tropical, no Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais. Os solventes utilizados para extração de metabólitos foram escolhidos com base na polaridade do soluto de interesse, sendo utilizado o n-Hexano. Foi adotado o Procedimento Técnico de Preparação de Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos para análise por Cromatografia Gasosa, de forma a realizar a preparação de ésteres metílicos de ácidos graxos, pois os ésteres metílicos possuem pontos de ebulição menores que os ácidos correspondentes, o que facilita a análise por CG-EM. Os rendimentos dos extratos hexânicos das partes aéreas (EH-PA), subterrâneas (EH-PS) e íntegras (EH-PI) foram: 26,53 mg/g *H.d* (EH-PI); 19,40 mg/g *R.m* (EH-PI); 19,13 mg/g *H.w* (EH-PA); 18,87 mg/g *H.w* (EH-

PS); 29,53 mg/g *H.b* (EH-PA); 16,1 mg/g *H.b* (EH-PS). Os tecidos de cada angiosperma marinha foram submetidos a análises por CG-EM para a determinação dos perfis de ácidos graxos.

#### 4.4.3 Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massa (CG-EM)

O objetivo da cromatografia é separar individualmente os diversos constituintes de uma mistura de substâncias, seja para identificação ou quantificação de compostos. Os metis ésteres foram analisados em um cromatógrafo gasoso acoplado em espectrometria de massa, com injeção direta em coluna HP-5MS; a rampa de temperatura foi de 35-70°C (15°C/min); 180-250°C (10°C/min). As substâncias presentes na amostra, depois de separadas, chegam ao detector, que gera um sinal para um sistema de registro, o registro deste sinal em função do tempo é o cromatograma (Figura 10), no qual as substâncias aparecem como picos com área proporcional à sua massa, o que possibilita a análise quantitativa (Collins *et al.*, 2006).

Figura 10 – Representação da extração, reação de esterificação, análises químicas e caracterização dos compostos



Fonte: Elaborado pela autora e BioRender.com

#### 4.4.4 Análise de Dados

Os dados foram analisados usando Agilent MassHunter Qualitative Analysis B.06.00, com o auxílio do NIST MS Search 2.0, da literatura científica e do livro “Identification of Essential Oil Components by gas Chromatography/ Mass Spectrometry, ed. 4.1”. O índice de retenção de um componente é um número, obtido por interpolação, relacionando o tempo de retenção do componente em estudo com o tempo de retenção antes e após o pico do composto de interesse. Dentre os índices de retenção encontrados na literatura, há o índice Kováts e o índice de retenção (IR) (Inczeidy; Lengyel, 1998). A utilização dos valores de índice de retenção (IR) aumentam a confiabilidade dos resultados obtidos em CG-EM quando se utiliza a interpretação de espectros de massas e a biblioteca NIST, o que contribui de forma significativa para identificação e caracterização dos compostos (Aued-Pimentel *et al.*, 2005). Dessa forma, será apresentado o IR calculado, o IR literatura e os ácidos graxos serão aqui expressos como porcentagem do total identificado (Área%).

## 4.5 Resultados e Discussão

Os compostos identificados pertencem à classe dos ácidos carboxílicos, totalizando 16 compostos distintos. Dentre eles, 9 foram encontrados na parte aérea de *Halodule wrightii* e 7 na parte subterrânea; para *Halodule beaudettei*, 6 compostos foram encontrados na parte aérea e 5 na parte subterrânea. Em *Halophila decipiens*, foram identificados 6 ácidos graxos, enquanto *Ruppia maritima* apresentou um total de 10 ácidos graxos (Tabela 09). Informações sobre o tipo de saturação e essencialidade do ácido graxo podem ser visualizadas na Tabela 10.

Tabela 09. Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico de angiospermas marinhas por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM)

Composto	Hw (A)	Hw (S)	Hb (A)	Hb (S)	Hd (I)	Rm (I)
Ácido esteárico	-	X	-	-	X	X
Ácido palmítico	X	X	X	X	X	X
Ácido oleico	-	X	X	-	X	X
Ácido lignocérico	X	X	-	X	-	X
Ácido eicosanoico	X	-	-	-	-	X
Ácido docosanoico	X	-	-	-	-	X
Ácido hexacosanoico	-	X	-	-	-	-
Ácido 7-hexadecenoico	X	-	X	-	-	-
Ácido 7,10-octadecadienoico	X	X	X	X	X	-
Ácido 10-octadecenoico	X	X	X	X	X	-
Ácido 9-metil heptadecanoico	X	-	X	X	X	-
Ácido pentadecanoico	X	-	-	-	-	-
Ácido tetradecanoico	-	-	-	-	-	X
Ácido palmitoleico	-	-	-	-	-	X
Ácido linoleico	-	-	-	-	-	X
Ácido elaiídico	-	-	-	-	-	X

Hw= *Halodule wrightii*, Hb= *Halodule beaudettei*, Hd= *Halophila decipiens*, Rm= *Ruppia maritima*, I=Inteira, A=Aérea, S=Subterrânea, X= Presença do Ácido Graxo

Tabela 10 – Informações sobre o tipo de saturação e sua essencialidade na dieta

Ácido Graxo	Saturação	Nomenclatura	Dieta
Ácido Esteárico	Saturado	C18:0	-
Ácido Palmítico	Saturado	C16:0	-
Ácido Oleico	Monoinsaturado	C18:1 ( $\omega$ -9)	-
Ácido Lignocérico	Saturado	C24:0	-
Ácido Eicosanoico	Saturado	C20:0	-
Ácido Docosanoico	Saturado	C22:0	-
Ácido Hexacosanoico	Saturado	C26:0	-
Ácido 7-Hexadecenoico	Monoinsaturado	C16:1 ( $\omega$ -7)	-
Ácido 7,10-Octadecadienoico	Poli-insaturado	C18:2 ( $\omega$ -6)	-
Ácido 10-Octadecenoico	Monoinsaturado	C18:1 ( $\omega$ -9)	-
Ácido 9-Metil Heptadecanoico	Monoinsaturado	C18:1 ( $\omega$ -9)	-
Ácido Pentadecanoico	Saturado	C15:0	-
Ácido Tetradecanoico	Saturado	C14:0	-
Ácido Palmitoleico	Monoinsaturado	C16:1 ( $\omega$ -7)	-
Ácido Linoleico	Poli-insaturado	C18:2 ( $\omega$ -6)	Essencial
Ácido Elaídico	Monoinsaturado	C18:1 ( $\omega$ -9)	-

Fonte: Moreira *et al.* (2002) e Mahan (2015). ( $\omega$ -6)= ômega-6; ( $\omega$ -7)= ômega-7; ( $\omega$ -9)= ômega-9

O ácido linoleico não é sintetizado pelos mamíferos, por não possuírem a enzima delta9-dessaturase, é considerado um ácido graxo essencial, sendo obtido a partir da dieta (Moreira; Curi; Mancini, 2002). Este ácido graxo é essencial para funções celulares e atua como precursores para a síntese de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa como os ácidos araquistônicos, eicosapentaenoico e docosapentaenoico, que fazem parte da integridade e fluidez das membranas atividade das enzimas de membrana (Moreira; Curi; Mancini, 2002). Dos diferentes constituintes nas angiospermas marinhas, destacam-se: ácido palmítico, ácido 7,10-octadecadienoico, ácido oleico, ácido esteárico, ácido linoleico e ácido elaidíco. Valores de índice de retenção (IR) e Área% podem ser visualizados nas Tabelas 11, 12, 13 e 14.

Tabela 11 - Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico na parte aérea e parte subterrânea de *Halodule wrightii* por CG-EM

<b>Composto</b>	<b>IRCALC</b>	<b>IRLIT</b>	<b>Área (A) %</b>
<b>Ácido Palmítico</b>	1926	1926	11,23
<b>Ácido Lignocérico</b>	2728	2731	1,04
<b>Ácido Eicosanoico</b>	2328	2332	1,62
<b>Ácido Docosanoico</b>	2529	2530	0,49
<b>Ácido 7- Hexadecenoico</b>	1906	1899	0,43
<b>Ácido 7,10-Octadecadienoico</b>	2097	2093	7,69
<b>Ácido 10-Octadecenoico</b>	2103	2100	5,18
<b>Ácido 9-Metil Heptadecanoico</b>	2127	2128	3,29
<b>Ácido Pentadecanoico</b>	1825	1824	0,23
<b>Total</b>			31,20
			<b>Área (S) %</b>
<b>Ácido Esteárico</b>	2128	2128	6,11
<b>Ácido Palmítico</b>	1927	1926	22,24
<b>Ácido Oleico</b>	2157	2146	19,38
<b>Ácido Lignocérico</b>	2729	2731	0,68
<b>Ácido Hexacosanoico</b>	2931	2929	0,65
<b>Ácido 7,10-Octadecadienoico</b>	2098	2093	3,77
<b>Ácido 10-Octadecenoico</b>	2104	2100	4,72
<b>Total</b>			57,55

A=Aérea, S=Subterrânea, IRCALC=Índice de retenção calculado; IRLIT=Índice de retenção da literatura

Em *Halodule wrightii*, tanto na porção aérea quanto na subterrânea, o ácido palmítico se destacou como o ácido graxo predominante. Notavelmente, a parte subterrânea apresentou uma área% maior desse ácido, sugerindo um papel significativo nas funções metabólicas e na fisiologia da planta dentro de seu habitat marinho. Essa predominância do ácido palmítico pode ter implicações importantes na adaptação de *Halodule wrightii* e em suas interações com o ambiente aquático. Um estudo realizado por Maciel (2019) identificou, por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), a presença

do ácido palmítico e do ácido linoleico nos compostos extraídos da angiosperma marinha *Halodule wrightii*, confirmando o ácido palmítico como o composto predominante. Além disso, pesquisa de Hammer, Fogel e Hoering (1998) evidenciou a presença de outros ácidos graxos, como o linoleico, oleico e esteárico, nas raízes e rizomas de *Halodule wrightii*.

Tabela 12 - Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico na parte aérea e parte subterrânea de *Halodule beaudettei* por CG-EM

<b>Composto</b>	<b>IRCALC</b>	<b>IRLIT</b>	<b>Área (A) %</b>
<b>Ácido Palmítico</b>	1925	1926	9,01
<b>Ácido Oleico</b>	2150	2146	16,06
<b>Ácido 7-Hexadecenoico</b>	1906	1899	0,37
<b>Ácido 7,10-Octadecadienoico</b>	2097	2093	3,99
<b>Ácido 10-Octadecenoico</b>	2103	2100	5,01
<b>Ácido 9-Metil Heptadecanoico</b>	2127	2128	2,67
<b>Total</b>			37,11
			<b>Área (S) %</b>
<b>Ácido Lignocérico</b>	2728	2729	0,39
<b>Ácido Palmítico</b>	1925	1926	4,22
<b>Ácido 7,10-Octadecadienoico</b>	2097	2093	5,25
<b>Ácido 10-Octadecenoico</b>	2102	2100	4,21
<b>Ácido 9-Metil Heptadecanoico</b>	2127	2128	1,92
<b>Total</b>			16,00

A=Aérea, S= Subterrânea, IRCALC =Índice de retenção calculado; IRLIT= Índice de retenção da literatura

Em *Halodule beaudettei*, a maior área percentual do ácido oleico foi observada na parte aérea da planta, indicando uma função potencial desse ácido graxo na fotossíntese e na proteção contra estresses ambientais. Em contraste, a parte subterrânea revelou uma maior porcentagem de área do ácido 7,10-octadecadienoico, sugerindo uma especialização metabólica nessa região, possivelmente relacionada à troca de nutrientes ou ao desenvolvimento estrutural das raízes. Estudos anteriores apontaram para níveis significativamente maiores de ácidos graxos nas folhas em comparação com os rizomas (Viso *et al.*, 1993), reforçando o papel destes compostos no desempenho fotossintético da planta (Beca-Carretero *et al.*, 2018). Além disso, o ácido oleico desempenha uma função significativa na indução da expressão de diversos genes, incluindo aqueles envolvidos na defesa e reparo de tecidos, fatores de transcrição e proteínas ligadas à sinalização celular e à síntese de DNA (Verlengia *et al.* (2003). Essa combinação de evidências destaca a

importância dos ácidos graxos na fisiologia de *Halodule beaudettei*, especialmente em relação à sua adaptação a ambientes marinhos.

Tabela 13 - Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico de *Halophila decipiens* por CG-EM

<b>Composto</b>	<b>IRCALC</b>	<b>IRLIT</b>	<b>Área (I) %</b>
Ácido Esteárico	2168	2172	2,68
Ácido Oleico	2146	2146	2,39
Ácido Palmítico	1927	1926	12,22
Ácido 7,10-Octadecadienoico	2097	2093	2,68
Ácido 10-Octadecenoico	2103	2100	2,85
Ácido 9-Metil Heptadecanoico	2128	2128	1,42
<b>Total</b>			<b>24,23</b>

I=Inteira; IRCALC=Índice de retenção calculado; IRLIT=Índice de retenção da literatura

Em *Halophila decipiens*, o ácido palmítico se destacou como o ácido graxo prioritário, assim como foi observado em *Halodule wrightii*. Essa similaridade na predominância do ácido palmítico em ambas as espécies sugere que este ácido graxo pode desempenhar um papel fundamental nas adaptações metabólicas e fisiológicas. A notável presença do ácido palmítico está associada, além disso, às funções de armazenamento de energia e à organização estrutural das membranas celulares (Sharma *et al.*, 2018), aspectos que são cruciais para a sobrevivência em ecossistemas submersos. Essa constatação enfatiza a relevância do ácido palmítico na biologia de *Halophila decipiens*, indicando possível contribuição para a resiliência em face das mudanças ambientais.

Tabela 14 - Identificação de ácidos graxos no extrato hexânico de *Ruppia maritima* por CG-EM

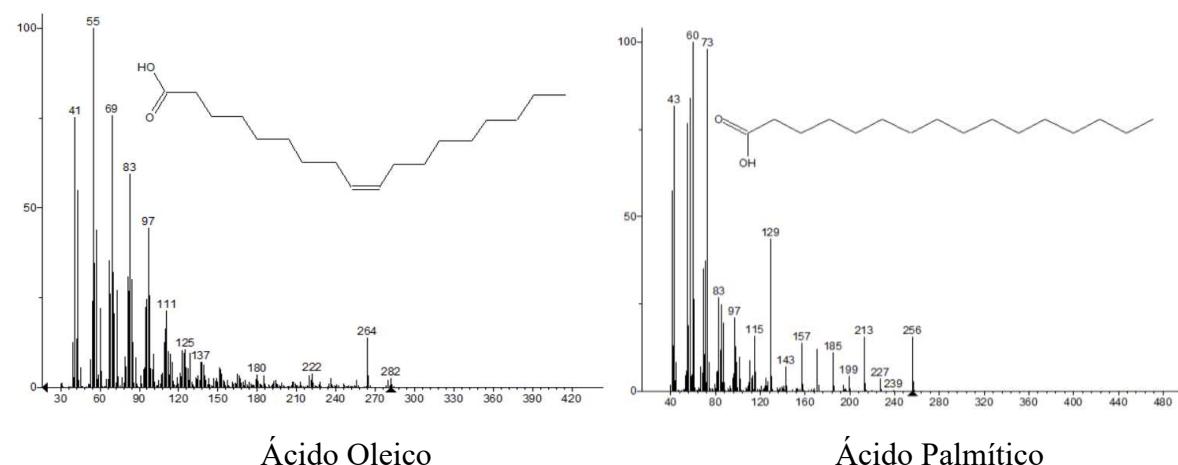
<b>Composto</b>	<b>IRCALC</b>	<b>IRLIT</b>	<b>Área (I) %</b>
Ácido Palmítico	1927	1926	11,34
Ácido Oleico	2150	2146	5,55
Ácido Tetradecanoico	1724	1726	0,31
Ácido Palmitoleico	1906	1911	0,88
Ácido Eicosanoico	2329	2332	1,08
Ácido Esteárico	2129	2128	5,40
Ácido Linoleico	2100	2099	15,09
Ácido Elaídico	2107	2109	18,64
Ácido Docosanoico	2529	2530	0,51
Ácido Lignocerico	2729	2731	0,62
<b>Total</b>			<b>59,41</b>

I=Inteira; IRCALC=Índice de retenção calculado; IRLIT=Índice de retenção da literatura

Por fim, em *Ruppia maritima*, a maior área percentual foi registrada para o ácido elaídico, seguido pelo ácido linoleico. A predominância do ácido elaídico sugere uma possível função adaptativa, que pode estar relacionada à fluidez das membranas celulares, fundamentais para a sobrevivência da planta em seus ambientes. O ácido elaídico têm sido relacionados à digestibilidade e absorção de nutrientes (Chiara; Sichieri; Carvalho, 2003). O ácido linoleico, por sua vez, desempenha papéis importantes nas funções celulares e atua como precursores para a síntese de ácidos graxos que fazem parte da integridade e fluidez das membranas (Moreira; Curi; Mancini, 2002). Essa combinação de ácidos graxos pode refletir as estratégias metabólicas da *Ruppia maritima* para otimizar seu crescimento e desenvolvimento.

As variações nos ácidos graxos e nas suas quantidades nas diferentes espécies de angiospermas marinhas pode ser explicado pela capacidade das diferentes espécies de armazenar o excesso de energia, como ácidos graxos particionados e acumulados em triglicerídeo. Diferenças também podem estar associadas à variação na estrutura e morfologia das espécies (Beca-Carretero *et al.*, 2018) condições ambientais e climáticas (Jorge, 2010). A estrutura química dos ácidos graxos majoritários pode ser visualizada na figura 11.

Figura 11 – Espectro de massas e estrutura química dos compostos majoritários identificados nas angiospermas marinhas estudadas



Os ácidos graxos desempenham um papel crucial na saúde dos megaherbívoros, sendo essenciais para a otimização de suas funções fisiológicas. Estudos realizados por Kabara (1978) demonstraram que ácidos graxos como oleico, palmítico, esteárico e linoleico possuem atividade antimicrobiana significativa, o que ressalta sua importância na defesa

contra patógenos. Ademais, Kua *et al.* (2006) identificaram alta atividade anti-inflamatória ao investigar extratos de angiospermas marinhas em extração com hexano, reforçando o potencial desses compostos. As funções dos ácidos graxos vão além da proteção contra estresses externos, apresentando propriedades anticâncer, antimicrobianas e nematicidas (Sharma *et al.*, 2018). Além disso, eles promovem um aumento significativo na população de bactérias probióticas no intestino, o que é fundamental para a saúde digestiva (Schmelzle *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2004). Os ácidos graxos também desempenham papéis essenciais nas funções celulares, contribuindo para a integridade e fluidez das membranas celulares (Moreira Curi; Mancini, 2002). Dada a diversidade das dietas dos megaherbívoros, a inclusão adequada desses ácidos graxos, especialmente aqueles provenientes de angiospermas marinhas, é vital. Esses nutrientes não só ajudam a sustentar suas necessidades energéticas, mas também são fundamentais para a manutenção da saúde desses animais.

#### 4.6 Conclusões

- Os ácidos graxos majoritários foram o ácido oleico e ácido palmítico;
- Em *Halodule wrightii*, tanto na parte aérea (11,23%) quanto na subterrânea (22,29%), o ácido palmítico se destacou como o ácido graxo predominante. Em *Halodule beaudettei*, maior área percentual (16,06%) do ácido oleico foi observada na parte aérea, enquanto a parte subterrânea revelou uma maior área percentual (5,25%) do ácido 7,10-octadecadienoico;
- Para as espécies analisadas íntegras, observou-se que em *Halophila decipiens*, o ácido palmítico (12,22%) se destacou como o ácido graxo prioritário, assim como foi observado em *Halodule wrightii*. Enquanto em *Ruppia maritima*, a maior área percentual foi registrada para o ácido eláídico (18,64%), seguido pelo ácido linoleico (15,09%).

## 5 PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO LOCAL SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS ANGIOSPERMAS MARINHAS NO LITORAL DE ICAPUÍ, CEARÁ

### RESUMO

As algas e as angiospermas marinhas vêm reduzindo a sua ocorrência em diversos locais. No município de Icapuí - Ceará, sinais de redução para algumas espécies já foram registrados, conforme evidenciado pela literatura científica. A avaliação do conhecimento da população local pode contribuir para suprir lacunas relativas às causas e efeitos dessa redução. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar a percepção da população acerca da importância do ambiente marinho, das espécies nativas de plantas, algas e animais, bem como das causas e consequências da diminuição dos prados e bancos naturais na região. Foram aplicados questionários semiestruturados junto às comunidades tradicionais, e os dados obtidos foram analisados por meio de uma abordagem quantitativa, utilizando estatística descritiva com distribuições de frequência. Para uma classificação mais precisa das espécies de angiospermas marinhas relatadas, utilizou-se chaves de identificação. A pesquisa foi realizada durante os meses de novembro e dezembro de 2023, envolvendo um total de 130 participantes. Do total de entrevistados, 98% dos moradores afirmaram conhecer angiospermas marinhas, sendo *Halodule wrightii* a espécie mais mencionada. Entre os benefícios atribuídos a essas plantas, destacam-se: abrigo, equilíbrio ambiental, limpeza da água, alimento para animais marinhos e proteção da costa. Aproximadamente 86% dos entrevistados relataram notar a redução nos bancos de algas, e 47% observaram a diminuição nos prados de angiospermas marinhas na região. Ademais, cerca de 56% dos participantes afirmaram não saber o que é uma Área de Proteção Ambiental (APA). Os resultados podem sugerir significativa contribuição para o conhecimento das angiospermas marinhas, além de oferecer subsídios para a formulação de estratégias de conservação e para o desenvolvimento de técnicas de manejo das espécies marinhas presentes em Icapuí, Ceará.

**Palavras-Chaves:** comunidades tradicionais; ambiente marinho; flora

## ABSTRACT

Algae and seagrasses have been reducing their occurrence in several places. In the municipality of Icapuí - Ceará, signs of reduction for some species have already been recorded, as evidenced by the scientific literature. The assessment of the knowledge of the local population can contribute to filling gaps related to the causes and effects of this reduction. Thus, the objective of this study was to investigate the population's perception of the importance of the marine environment, native species of plants, algae and animals, as well as the causes and consequences of the decrease of meadows and natural banks in the region. Semi-structured questionnaires were applied to traditional communities, and the data obtained were analyzed through a quantitative approach, using descriptive statistics with frequency distributions. For a more accurate classification of the reported seagrass species, identification keys were used. The survey was conducted during the months of November and December 2023, involving a total of 130 participants. Of the total number of interviewees, 98% of the residents stated that they knew seagrass, with *Halodule wrightii* being the most mentioned species. Among the benefits attributed to these plants, the following stand out: shelter, environmental balance, water cleanliness, food for marine animals and protection of the coast. Approximately 86% of respondents reported noticing a reduction in kelp beds, and 47% noted a decrease in seagrass meadows in the region. In addition, about 56% of the participants stated that they did not know what an Environmental Protection Area (APA) is. The results may suggest a significant contribution to the knowledge of seagrass, in addition to offering subsidies for the formulation of conservation strategies and for the development of management techniques for marine species present in Icapuí, Ceará.

**Keywords:** traditional communities; marine environment; the flora

## 5.1 Introdução

A análise da percepção ambiental sobre a fauna e a flora marinha revela-se essencial para compreender as dinâmicas que influenciam os bancos de algas e os prados de angiospermas marinhas, além de fornecer subsídios importantes para a implementação de programas de educação ambiental que respeitem e valorizem o saber popular. Os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície terrestre e contêm uma vasta biodiversidade, contribuindo significativamente para a riqueza genética do planeta (IPCC, 2019). Compreender essa biodiversidade, que abrange a variabilidade dos organismos vivos em todos os ecossistemas incluindo a diversidade entre ecossistemas (UNEP, 2006) é fundamental para promover a preservação dos ecossistemas marinhos.

Neste contexto, os ecossistemas marinhos enfrentam severos impactos devido à exploração descontrolada dos recursos, à introdução de espécies exóticas, à eutrofização e à fragmentação dos habitats, resultantes das mudanças climáticas (Monteiro Neto; Mendonça Neto, 2009). Estratégias de conservação são especialmente urgentes para ecossistemas como os prados de angiospermas marinhas e recifes, que abrigam uma diversidade imensa de espécies, incluindo organismos economicamente importantes, como pargos, garoupas, lagostas e camarões (Kruczynski; Fletcher, 2012).

Os pescadores artesanais exercem uma ligação direta com esses ambientes, acumulando um conhecimento valioso sobre os recursos naturais locais (Ramires; Molina; Hanazaki, 2007). A pesca em pequena escala representa, atualmente, cerca de metade das capturas globais e sustenta aproximadamente 90% dos pescadores e trabalhadores do setor, fornecendo uma fonte vital de proteína para bilhões de pessoas (Costa *et al.*, 2022). No entanto, a alarmante redução de 70% na cobertura de angiospermas marinhas correlacionou-se com um declínio de cerca de 40% nas capturas comerciais de peixes (Jenkins *et al.*, 1993).

O aquecimento global e a crescente conectividade resultante das atividades humanas têm ocasionado alterações significativas na biogeografia das plantas marinhas, impactando a distribuição de diversas espécies (Fraser; Waters, 2013). No entanto, as algas e angiospermas marinhas formam a base de muitas cadeias tróficas, contribuindo com serviços ecossistêmicos cruciais, como a produção de oxigênio (Brodie, 2017; Vidotti; Rollemburg, 2004). A presença de algas, como as do gênero *Gracilaria*, e de angiospermas marinhas, como as do gênero *Halodule*, é vital para o ciclo de vida de várias espécies de importância econômica e ecológica, incluindo camarões, lagostas, a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e o

peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*), este último considerado uma das espécies mais ameaçadas do Brasil (ICMBio, 2022).

Dessa maneira, a alteração dos bancos de algas e prados de angiospermas marinhas em Icapuí tem implicações diretas sobre o habitat e a alimentação dos animais marinhos, conforme observado por Souza (2012), que documentou a redução nas populações de peixes, lagostas e camarões. A disponibilidade de recursos alimentares também se relaciona positivamente à presença de peixes-bois-marinhos, evidenciando assim a necessidade de proteção desses ambientes (Luna, 2001). Este estudo, portanto, visa entender a percepção de comunidades tradicionais sobre as mudanças nos ecossistemas marinhos, destacando não apenas a importância das angiospermas marinhas, mas também a relevância da participação e integração das comunidades locais nas estratégias de conservação e gestão sustentável desses valiosos recursos naturais.

## 5.2 Aspectos Gerais do Tema

### 5.2.1 Zona costeira do Ceará

A zona costeira do Ceará compreende parte dos limites político-administrativos de 23 municípios do estado e abrange uma extensão territorial de 2.196,36 km<sup>2</sup>, delimitando-se à planície litorânea. Esta zona costeira é subdividida em quatro regiões de planejamento, cujos municípios costeiros são: a) Região Litoral Norte, que inclui Chaval, Barroquinha, Camocim, Jijoca de Jericoacoara, Cruz, Acaraú e Itarema; b) Região Litoral Oeste/Vale do Curu, composta por Amontada e Itapipoca; c) Grande Fortaleza, que abrange Trairi, Paraipaba, Paracuru, São Gonçalo do Amarante, Caucaia, Fortaleza, Eusébio, Aquiraz, Pindoretama e Cascavel; e d) Litoral Leste, formado pelos municípios de Beberibe, Fortim, Aracati e Icapuí (Matos *et al.*, 2023).

As praias do Nordeste brasileiro, incluindo a costa do Ceará, apresentam predominância de características erosivas, situação que é atribuída, principalmente, a um balanço sedimentar negativo, imposto pelas condições climáticas semiáridas, pela construção de barragens, pela ação erosiva dos ventos e pela antropização do litoral (Pinheiro *et al.*, 2020; Morais *et al.*, 2018). Estudos demonstram aumento significativo da erosão nas praias do litoral do Ceará, especialmente na área compreendida entre Acaraú e Bitupitá, bem como no município de Icapuí (Morais *et al.*, 2018; Barros; Morais; Pinheiro, 2020). Na costa leste, que se estende entre Beberibe e Icapuí, mais de 39% da linha de costa apresenta erosão instalada, enquanto 19% demonstram tendência erosiva (Morais *et al.*, 2018).

No que tange à biodiversidade da costa cearense, foram identificadas 1.677 espécies de invertebrados, além de mais de 400 espécies de peixes, abrangendo tanto os teleósteos quanto os cartilaginosos (como tubarões, raias e quimeras) (Basilio *et al.*, 2008; Cavalcante, 2014; Cunha *et al.*, 2008; Dantas, 2019; Freitas; Lotufo, 2015; Freitas *et al.*, 2019; Lourenço, 2016; Leon, 2020; Souza, 2022; Vasconcelos Filho, 2021), entre as espécies de tubarões identificadas no litoral cearense, tem-se *Sphyrna tiburo* (Souza, 2022). Adicionalmente, há registro de cinco espécies de tartarugas marinhas, 25 cetáceos (incluindo baleias e golfinhos) e uma espécie de sirênio, (o peixe-boi-marinho). A distribuição desse sirênio ocorre nas extremidades litorâneas do Ceará, sendo encontrado a oeste, no município de Barroquinha, e a leste, desde Fortim até Icapuí (Meirelles *et al.*, 2016; Bezerra *et al.*, 2023).

A região Nordeste do Brasil possui uma extensão costeira superior a 3.300 km, apresentando um significativo potencial para a ocorrência de desovas e encalhes das espécies de tartarugas marinhas. A área marinha adjacente desempenha um papel crucial no ciclo de vida dessas tartarugas, servindo como locais de alimentação, crescimento e migração (Correia; Santos; Moura, 2016). Entre as cinco espécies de tartarugas marinhas presentes na costa do Ceará, destacam-se a tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) e a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) (Feitosa *et al.*, 2022). Dentre elas, quatro estão listadas na Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (ICMBIO, 2022), e todas as cinco constam da “Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN” (Iucn, 2022).

Em termos de diversidade de espécies por ecossistemas, o recife se destaca como o ambiente mais diverso, seguido pelos ecossistemas estuarinos, pelas praias arenosas e pelos bancos de angiospermas marinhas (Souza, 2022; Bezerra *et al.*, 2023). As pradarias marinhas mais representativas e densas do Brasil estão concentradas na região do litoral nordeste (Oliveira *et al.*, 1983; Magalhães *et al.*, 1997; Magalhães *et al.*, 2003). No litoral cearense, foram registradas cinco espécies de angiospermas marinhas: *Halodule beaudettei*, *Halodule emarginata*, *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens* e *Ruppia maritima* (Oliveira-Filho *et al.*, 1983; Barros *et al.*, 2013; Barros *et al.*, 2016; Barros *et al.*, 2017; Magalhães; Barros, 2017). A flora de macroalgas do Ceará é composta por cerca de 300 espécies, das quais a maioria pertence ao grupo das algas vermelhas, que é predominante em regiões tropicais. Entre os gêneros mais comuns e representativos, podem ser citados *Gracilaria*, *Ceramium*, *Halymenia*, *Dictyota*, *Sargassum* e *Caulerpa* (Pinheiro-Joventino *et al.*, 1998; Matthews-Cascon; Lotufo, 2006).

### 5.2.2 Conservação de angiospermas marinhas

A década da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre a restauração dos ecossistemas é um apelo internacional que busca promover a restauração em larga escala dos ecossistemas degradados em todo o mundo, no período de 2021 a 2030, além de fomentar sua resiliência às mudanças climáticas e às atividades antropogênicas (Pazzaglia *et al.*, 2021). A megafauna marinha encontra-se em grave risco devido ao rápido desenvolvimento econômico, ao crescimento da população humana e à elevada dependência dos recursos

costeiros para a subsistência (Teh; Teh; Jolis, 2018). Proteger a megafauna marinha da pressão exercida pelas atividades humanas torna-se uma prioridade de conservação global (Curtis *et al.*, 2015; Lewison *et al.*, 2004; Wallace *et al.*, 2011). Propõe-se que a ciência da conservação seja dividida em quatro áreas: (1) identificação das ameaças à diversidade biológica; (2) realização de estudos sobre as espécies e populações afetadas por tais ameaças; (3) pesquisa sobre a comunidade impactada; e (4) compreensão da relação entre conservação e desenvolvimento sustentável (Primack, 2000).

Entre as principais ameaças à biodiversidade marinha, destacam-se: (1) a sobreexploração dos recursos naturais; (2) a alteração física do habitat e do substrato; (3) a poluição proveniente de nutrientes e sedimentos; e (4) as alterações climáticas globais (Norse, 1993). A fragmentação e a degradação dos biomas de angiospermas marinhas são particularmente alarmantes nos países em desenvolvimento, visto que os estados costeiros buscam incrementar a receita por meio de atividades que elevam os níveis de estresse nos ecossistemas de angiospermas marinhas (Wu; Cheung; Shin, 1998; Cloern, 2001).

A inclusão das comunidades locais e das partes interessadas em processos de planejamento é fundamental para o êxito das iniciativas de gestão (Chirenje *et al.*, 2013). Além disso, é de extrema importância considerar o papel das zonas úmidas costeiras com vegetação na vida das megafaunas nos planos de gestão e conservação dessas espécies (Sievers *et al.*, 2019). Um esforço regional urgente é necessário para aumentar a conscientização sobre a conservação das angiospermas marinhas, monitorar as alterações nos ecossistemas e gerir os serviços ecossistêmicos e seus usuários, a fim de abordar adequadamente sua conservação (Fortes, 2018).

Na ausência de proteção legislativa, os habitats de angiospermas marinhas permanecem suscetíveis ao declínio, dado que são poucos os mecanismos para reconhecer sua importância ou mitigar impactos por meio de sistemas regulatórios (como políticas de compensação) ou processos de planejamento (como áreas marinhas protegidas ou planos de zoneamento) (Griffiths; Connolly; Brown, 2020). A gestão inadequada das múltiplas pressões pode comprometer a capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos, tais como a pesca (Cullen-Unsworth; Unsworth, 2018).

As principais ameaças às angiospermas marinhas podem ser gerenciadas por meio de um conjunto abrangente de ferramentas de gestão, incluindo legislação, políticas, estratégias, planos, programas de trabalho, práticas de conscientização pública, diretrizes e procedimentos de melhores práticas (Griffiths; Connolly; Brown, 2020). É necessário que os planos de gestão levem em consideração a proteção dos diferentes tipos de habitat utilizados

pelas espécies ao longo de seu ciclo de vida, a fim de garantir a máxima proteção das atividades pesqueiras (Kruczynski; Fletcher, 2012). Assim, a inclusão dos ecossistemas de angiospermas marinhas nas políticas nacionais e internacionais é uma recomendação para a manutenção, tanto dos ecossistemas marinhos, quanto da biodiversidade, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Ambiente (Pnuma, 2020).

### **5.3 Objetivos**

#### **5.3.1 Objetivo Geral**

A presente pesquisa tem como objetivo descrever a percepção da população local de Icapuí, Ceará, em relação aos ecossistemas marinhos, com ênfase nas angiospermas marinhas, algas e animais marinhos. O estudo busca relatar as observações dos moradores sobre o estado de conservação desses habitats, enfatizando a importância da participação comunitária na coleta de dados e na compreensão das dinâmicas ecológicas locais.

#### **5.3.2 Objetivos Específicos**

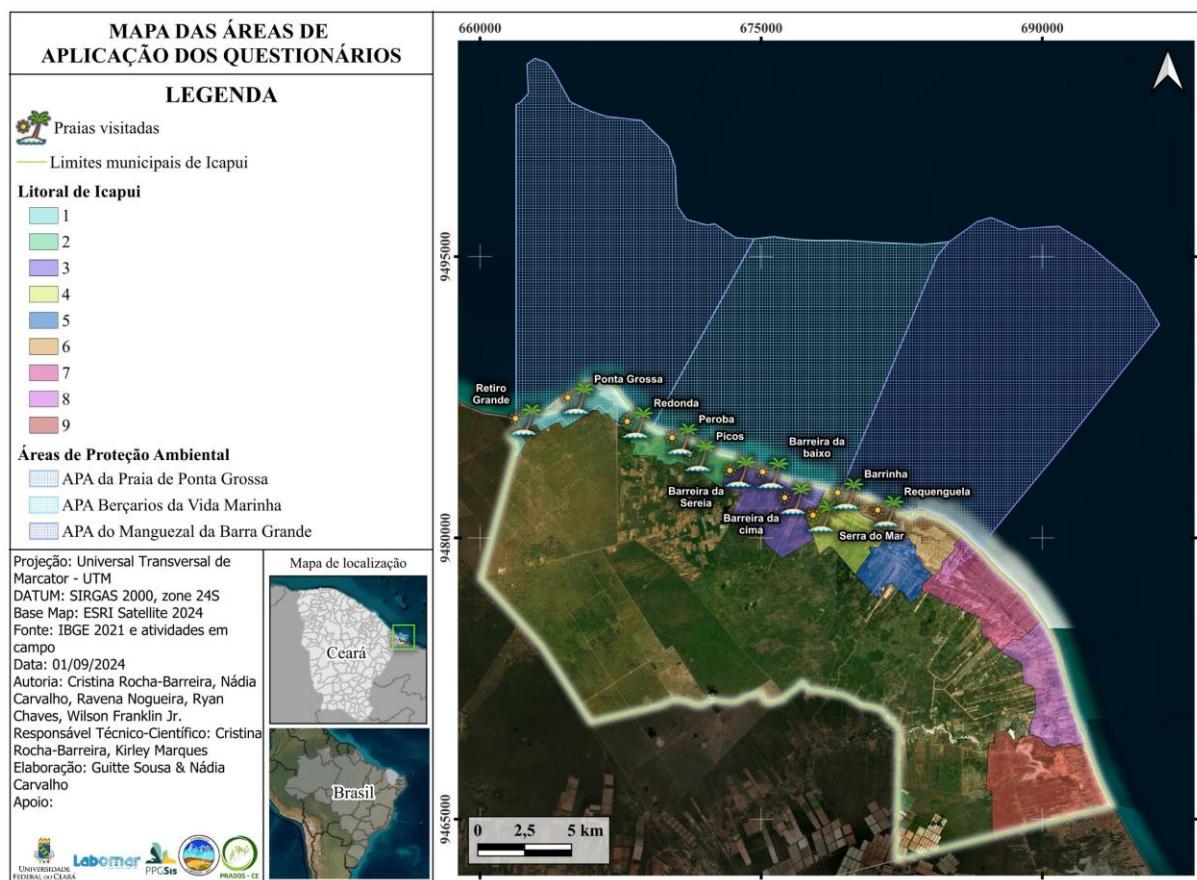
- Identificar as espécies de angiospermas marinhas mais conhecidas pela comunidade;
- Analisar os benefícios atribuídos às angiospermas marinhas pela população;
- Descrever a percepção da comunidade sobre a redução ou aumento dos bancos de algas e prados de angiospermas marinhas na região;
- Caracterizar o conhecimento dos moradores sobre a função de uma Área de Proteção Ambiental (APA).

## 5.4 Material e Métodos

### 5.4.1 Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida no município de Icapuí – Ceará, localizado no litoral leste do Estado do Ceará (Figura 12), durante os meses de novembro e dezembro de 2023. Ocorrendo em praias ao longo das 3 Áreas de Proteção Ambiental (APA) (APA Berçários da Vida Marinha; APA do Manguezal da Barra Grande; APA de Ponta Grossa). A APA de Ponta Grossa possui uma área de 558,67 hectares, é regida pela Lei nº 262/98, criada em 1998, sendo o desenvolvimento efetivo do turismo de base comunitária um dos diferenciais da região (Brasil, 2014).

Figura 12 – Mapa do município de Icapuí e identificação de suas Áreas de Proteção Ambiental



A APA do Manguezal da Barra Grande abrange uma área de 1.260,31 hectares, criada através da Lei Municipal nº 298/00 de 12 de maio de 2000 (Brasil, 2014). Em março de 2022 foi assinado o decreto de criação da APA Berçários da Vida Marinha como forma de

proteger as aves limícolas e os locais de reprodução e alimentação do peixe-boi-marinho, além de garantir a sobrevivência da flora da região e a redução dos efeitos das mudanças climáticas. A APA tem 132,26 km<sup>2</sup>, é composta pelas praias Redonda, Peroba, Picos, Barreiras e está localizada entre as APAs da Praia de Ponta Grossa e do Manguezal da Barra Grande, permitindo a formação de um corredor ecológico costeiro e marinho, assim como uma gestão integrada dessas áreas (Brasil, 2022).

#### 5.4.2 Delineamento Amostral

A escolha do grupo e do local teve motivação devida: a) a importância sociocultural, econômica, ambiental e ecológica b) aos impactos ambientais informados na literatura científica, dos quais o ecossistema está submetido. O questionário (APÊNDICE A) foi dividido em perguntas sobre os aspectos socioeconômicos e por perguntas (abertas e fechadas), que estavam divididas da seguinte forma: (a) Questão 1 a 11 para indivíduos das comunidades de Icapuí, (b) acrescidos das questões 12 a 20 para indivíduos das comunidades que realizavam atividade pesqueira. A formulação das questões considera os objetivos traçados pela proposta da pesquisa e do público-alvo, organizadas em três blocos principais: a) características gerais dos participantes do estudo: gênero; idade; onde reside e tempo de residência; escolaridade; ocupação mais representativa; b) hábitos referentes às questões socioambientais: atitudes e comportamentos; c) percepção socioambiental e conhecimentos sobre assuntos relacionados a fauna e flora, além de entendimento das comunidades sobre Unidades de Conservação. A pesquisa está cadastrada na Plataforma Brasil e foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Ceará (ANEXO B) antes das idas a campo. As autorizações para realização de atividade científica necessárias foram solicitadas a Secretaria de Desenvolvimento, Trabalho, Agricultura, Meio Ambiente e Pesca de Icapuí (ANEXO C) e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMA-CE) (ANEXO D) e aceitas.

#### 5.4.3 Coleta de Dados

A pesquisa ocorreu entre novembro e dezembro de 2023, foram realizadas 130 entrevistas por meio de questionários semiestruturados, das quais 55 foram compostas por moradores das comunidades que não realizavam a pesca e 75 eram compostas por moradores das comunidades de Icapuí que realizavam a pesca artesanal. A seleção dos entrevistados

ocorreu de forma aleatória ao longo do período de amostragem, porém, para ser incluído na pesquisa era obrigatório possuir mais de 18 anos. A participação ocorreu de forma voluntária, iniciando após a leitura/escuta e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO E), finalizando após o preenchimento do questionário. Caso o entrevistado não soubesse ler ou escrever, a entrevista ocorria por meio de gravação das respostas, após a leitura das perguntas. Todos os participantes responderam ao questionário de forma individual para garantir a confiabilidade das informações obtidas. Apenas questionários respondidos integralmente foram contabilizados. Para auxiliar na maior confiabilidade dos dados, foi utilizada prancha contendo espécies de angiospermas marinhas do gênero *Halodule*, *Halophila* e *Ruppia* (ANEXO F) e prancha contendo imagens das espécies de tartarugas marinhas registradas para o estado do Ceará (ANEXO G).

#### 5.4.4 Análise de Dados

A análise dos dados será conduzida utilizando uma abordagem quantitativa, que envolve a aplicação de estatísticas descritivas, incluindo distribuições de frequência, conforme descrito por Appolinário (2012). Além disso, será empregada a técnica de "Cognição Comparada", a qual visa integrar o conhecimento da população com o conhecimento científico. Essa técnica permite a corroboração, complementação ou refutação de informações, conforme discutido por Marques (1995) e Pinheiro *et al.* (2009). A utilização dessas metodologias proporciona uma compreensão mais robusta e fundamentada dos dados, favorecendo a validação e a interpretação dos resultados obtidos.

## 5.5 Resultados

Os entrevistados que não praticavam a pesca eram, em sua maioria, mulheres (78%). A maior parte dos entrevistados apresentava idade entre 21 e 40 anos e havia vivido toda a sua vida em Icapuí. A maioria possuía o ensino fundamental completo e trabalhava de maneira autônoma, predominando atividades relacionadas à agricultura ou como donas (os) de casa. Dos 55 entrevistados, 96% afirmaram conhecer o capim-agulha, sendo a espécie *Halodule wrightii* a mais frequentemente citada. Os principais benefícios proporcionados pelo capim-agulha foram a alimentação, a proteção da costa, o equilíbrio ambiental e o abrigo, respectivamente. Os principais problemas identificados em áreas com capim-agulha na região foram o acúmulo de lixo, especialmente plástico.

Aproximadamente 90% dos entrevistados relataram ter observado uma redução nos bancos de algas, enquanto 63% relataram notar diminuição em prados de capim-agulha. Além disso, 70% afirmaram estar cientes de que o peixe-boi-marinho está ameaçado de extinção. Quando questionados sobre o que fariam se encontrassem um animal marinho encalhado e ainda vivo, 71% afirmaram que ligariam para o órgão responsável, enquanto 29% colocariam o animal de volta ao mar. É importante ressaltar que 52% não sabiam o que é uma Área de Proteção Ambiental (APA). Já em relação a importância da APA, foram descritas informações, como: um local que protege os animais e o meio ambiente, que deve ser preservado e que protege a biodiversidade.

De acordo com os dados obtidos neste estudo, a população de pescadores profissionais que praticam a pesca artesanal no município de Icapuí/CE é composta quase exclusivamente por homens (95%), com idades entre 51 e 60 anos e com 71% apresentando ensino fundamental incompleto. Dos 75 entrevistados nessa categoria, 100% afirmaram conhecer o capim-agulha, sendo a espécie *Halodule wrightii* a mais citada, seguida de *Halophila decipiens*. Em relação a *Halophila decipiens*, os pescadores observaram que essa espécie “só é encontrada no fundo” entre 12 e 20 metros da costa, frequentemente associada à captura de manzuá na época da pesca de lagosta. Os principais benefícios atribuídos ao capim-agulha por estes entrevistados foram a alimentação, o abrigo, a limpeza da água, a proteção e a reprodução, nesta ordem.

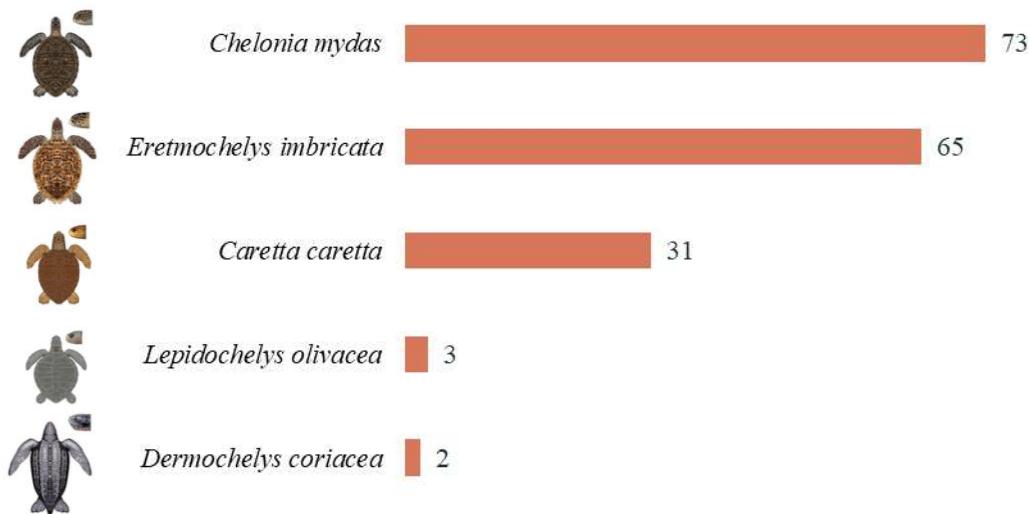
Durante as entrevistas, foram identificadas grandes ameaças às angiospermas marinhas, incluindo a presença de óleo proveniente das embarcações, a carcinicultura e o acúmulo de lixo, especialmente plástico. A maioria dos pescadores (82%) declarou ter observado uma redução nos bancos de algas, enquanto 44% afirmaram não ter notado

aumento ou diminuição em prados de capim-agulha; todavia, uma parcela considerável (36%) destacou a percepção de redução. Além disso, 77% afirmaram saber que o peixe-boi-marinho está ameaçado de extinção. Quando indagados sobre suas ações em caso de encontrarem um animal marinho encalhado e vivo, 76% declararam que ligariam para o órgão ambiental responsável, enquanto 24% optariam por devolver o animal ao mar. Sendo importante destacar que 58% não sabiam o que é uma Área de Proteção Ambiental (APA). Entre as percepções relativas à importância da APA, foram citadas a preservação da fauna e flora, a proteção dos animais e o cuidado com a natureza.

As principais técnicas utilizadas para a pesca incluíram manzuá, rede, linha, anzol, cangaia, tarrafa e marambaia. Os principais pescados relatados pelos pescadores foram: guaiuba, dentão, agulha, xaréu, guarajuba, biquara, cavala, cioba, ariacó, beijupirá, serra, além de lagosta vermelha e verde. Observou-se uma redução na captura de espécies como cangulo, pescada amarela e serra. A maioria dos pescadores presenciou tartarugas vivas no mar ou mortas no mar e na praia, entretanto poucos (9%) relataram ter presenciado uma desova.

As principais espécies de tartarugas marinhas relatadas pelos pescadores em Icapuí-CE podem ser visualizadas no Figura 13.

Figura 13 – Número absoluto de citações e as espécies de tartarugas marinhas relatadas por pescadores em Icapuí-CE



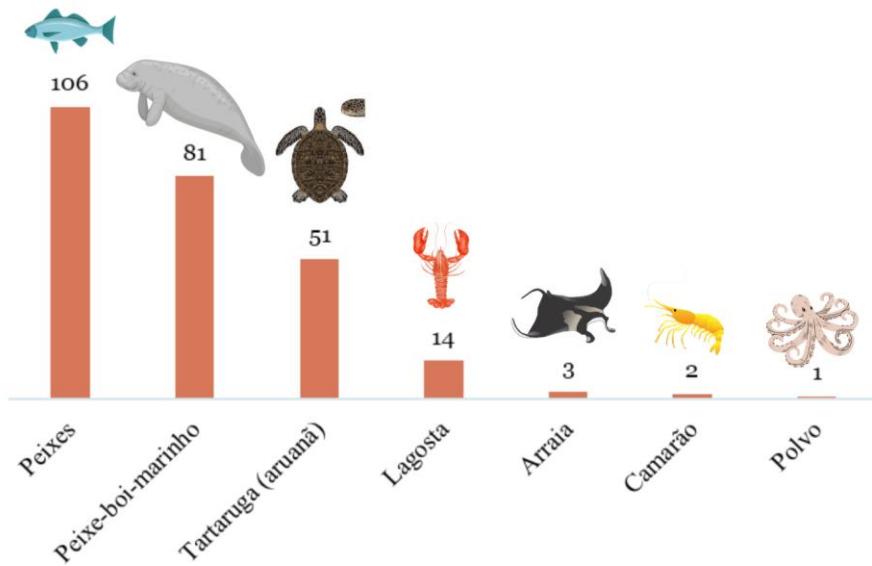
Fonte: Elaborado pela autora. Ilustrações retiradas de sea turtles of the world (<https://www.seaturtles.org/>)

Entre os pescadores, 85% afirmaram que, em caso de captura acidental, a tartaruga era solta no mar, independentemente de estar viva ou morta. Destaca-se também que 60% relataram observar um aumento na quantidade de tartarugas na região. Todos os

entrevistados afirmaram ter visto peixe-boi-marinho, e 65% relataram um aumento na população da espécie na área.

Os principais animais que utilizam as áreas com capim-agulha como local de alimentação, abrigo ou reprodução podem ser vistos na Figura 14.

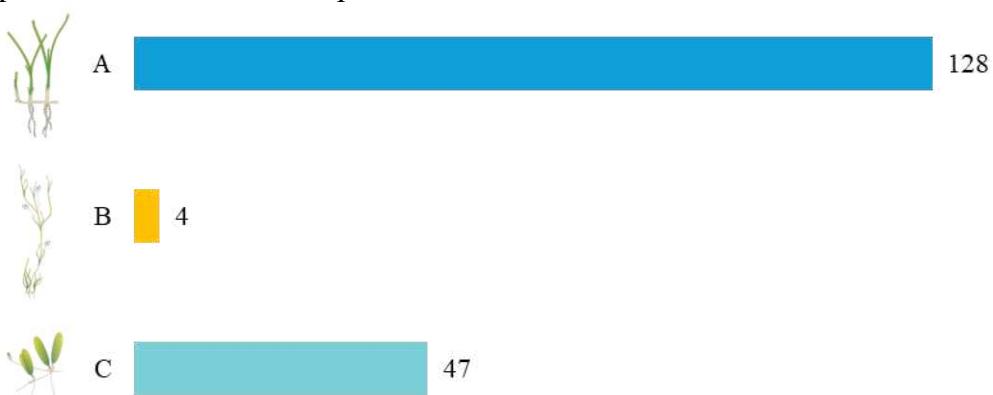
Figura 14 - Grupos de animais relatados pelos entrevistados em Icapuí-CE que utilizam os prados de capim-agulha para alimentação, abrigo ou reprodução



Fonte: Elaborado pela autora. Ilustrações retiradas do <https://ian.umces.edu/media-library>, <https://www.seeturtles.org/> e Biorender.com

As principais espécies de angiospermas marinhas relatadas pelos entrevistados em Icapuí-CE podem ser visualizadas no Figura 15.

Figura 15 – Número absoluto de citações e as espécies de angiospermas marinhas relatadas pelos entrevistados em Icapuí-CE



Fonte: Elaborado pela autora. Ilustrações retiradas do <https://ian.umces.edu/media-library>

A cognição comparada pode ser visualizada na tabela 15, visando integrar o conhecimento da população com o conhecimento científico.

Tabela 15 - Cognição comparada referente aos conhecimentos das populações das comunidades do município de Icapuí-CE

Moradores	Literatura
“A lagosta come, se esconde dentro do capim porque faz sombra, né? Eles ficam. Abrigo deles, né?” “Agulha e peixe-boi come ele. Eu acho que é assim. O capim agulha pro peixe é bom porque ele entra e se esconde, fica de baixo. Tem muito peixe que faz isso. Tem de toda qualidade. Tem os miúdos. Tem a biquara que chama, guaiubinha, carapeba. É como uma cacimba, por baixo tem um buraco, aí o peixe vai morar.”	Os prados de angiospermas marinhas proveem valiosos recursos, servindo de alimento e berçário para espécies de pescados importantes para o comércio (Schwamborn, 2004). As pradarias são fonte de alimento para muitos organismos marinhos e promovem estabilidade do sedimento, proporcionando berçário, abrigo contra predadores e território favorável à captura de presas (Marbà <i>et al.</i> , 1996; Hemminga; Duarte 2000).
“Assim, quando a maré ta grande acaba com ele, né. É, tem época que ele aparece, tem época que a areia cobre, né? Ele encaia muito na praia e faz aquela rumia na beira da praia. É da natureza dele.”	As variações sazonais nas pradarias podem ocorrer por efeito de variáveis ambientais relacionadas às mudanças de estações do ano, como: salinidade, aumento na turbidez e no aporte de sedimento, mudanças na temperatura e mudanças nos índices de precipitação pluviométrica (Short <i>et al.</i> , 2007; Collier <i>et al.</i> , 2014).
“A gente ia no banco de jangada, aí deixava a maré vazar, a maré vazava mais. Aí ficava no seco. A gente ia apanhar. Agora é por época. Tem tempo que tem e tem tempo que não tem.” “Não é como era antigamente. Era pouca gente, aí pegava. Mas depois passou a ter muita gente. Você sabe tudo que eu pego muito diminui, né?”	Durante muitos anos as algas eram retiradas diretamente dos recifes, minimamente processadas e exportadas. Esse método, no entanto, provoca o esgotamento dos bancos naturais e resulta em prejuízos econômicos e ecológicos a médio prazo (Marinho-Soriano, 2017).
“Aqui a gente tem muito. A gente vê muito. Por que ele está ameaçado? A gente vê eles aqui. Antigamente o povo comia. Tanto que hoje esses animais são protegidos por lei, né? A gente não pode mais.”	No Ceará, existem áreas importantes de ocorrência do peixe-boi-marinho, como Icapuí (Aquasis, 2003). Os sirênios são protegidos legalmente no Brasil pela Lei n.º 5.197, de 3 de janeiro de 1967, que dispõe sobre a proteção à fauna. Pela Lei n.º 7.653, de 18 de dezembro de 1987 (Ibama, 1997) e pela Lei de crimes ambientais n.º 9.605/98, de 12 de fevereiro de 1998 (Brasil, 1998).
“Sei que o capim-agulha é o principal alimento do peixe-boi-marinho e se não tiver aí fica difícil a alimentação.”	Na região Nordeste do Brasil, os alimentos que compõem a dieta do peixe-boi-marinho são conhecidos, sendo as angiospermas marinhas ( <i>Halodule wrightii</i> ), seu alimento principal (Borges <i>et al.</i> , 2008).

Fonte: Elaborado pela autora

## 5.6 Discussão

A percepção dos moradores de Icapuí em relação às angiospermas marinhas e aos bancos de algas é profundamente moldada pela interação diária com esses ecossistemas e pelas práticas pesqueiras, fundamentais para a economia e a cultura local. A pesca, especialmente a artesanal, é a principal atividade econômica da região, interligada diretamente às angiospermas marinhas, que oferecem habitat e alimento para diversas espécies de peixes e outros organismos marinhos (Matos *et al.*, 2023).

Durante as entrevistas, a maioria dos entrevistados, tanto pescadores quanto não pescadores, demonstrou um entendimento significativo sobre a importância das angiospermas marinhas, como o capim-agulha (*Halodule wrightii*), e das algas para o equilíbrio ambiental e a proteção costeira. Os pescadores reconheceram que essas espécies desempenham papéis essenciais na alimentação e abrigo de diversas espécies marinhas, além de contribuírem para a limpeza da água e a proteção contra a erosão (Short; Short, 1984; Duarte *et al.*, 2002; James *et al.*, 2020). Isto pode estar relacionado aos anos de atuação da ONG Aquasis na região de Icapuí, trabalhando com engajamento comunitário, educação ambiental e a conservação de espécies ameaçadas de extinção.

Este conhecimento é vital, pois as angiospermas marinhas são fundamentais para a biodiversidade e a produtividade pesqueira, contribuindo para cerca de 20% das maiores pescarias do mundo (Unsworth *et al.*, 2019). Além disso, os moradores estão cientes dos problemas associados à degradação desses ecossistemas, como a diminuição de prados de angiospermas e bancos de algas, que, por sua vez, afetam a abundância de espécies de peixes, já que a perda de habitat está diretamente ligada ao declínio das populações pesqueiras (McArthur; Boland, 2006).

A coleta excessiva de algas e os impactos da poluição, como o acúmulo de lixo, são preocupações recorrentes. Os dados indicam que 90% dos entrevistados perceberam a diminuição dos bancos de algas e 63% notaram a redução nas áreas de capim-agulha. Historicamente, as macroalgas têm grande relevância econômica para municípios costeiros do Ceará, como Trairi e Icapuí, onde maricultores e produtores de algas dependem dessa atividade. Durante anos, as algas eram extraídas diretamente dos recifes, processadas minimamente e exportadas (Marinho-Soriano, 2017). Desde a década de 1990, a coleta de algas em Icapuí se intensificou, sendo as principais espécies coletadas do gênero *Gracilaria*. Durante um longo período, essa alga foi comercializada a atravessadores por R\$ 0,80/kg de alga fresca e R\$ 1,50/kg de alga seca (Paz, 2010). Contudo, esse método provoca o

esgotamento dos bancos naturais, resultando em prejuízos econômicos e ecológicos no médio prazo (Marinho-Soriano, 2017), o que pode explicar os relatos sobre a redução dos bancos de algas na região. Sendo fundamental destacar a importância do projeto Mulheres de Corpo e Alga, que promove o cultivo, a colheita, o beneficiamento e a comercialização de produtos derivados de algas na região, fortalecendo a economia local e inserindo-se em uma matriz que relaciona inovação social e desenvolvimento sustentável (Paula *et al.*, 2015).

A maioria dos moradores relatou uma diminuição significativa nos prados de capim-agulha, fenômeno atribuído a diversos fatores, como o acúmulo de lixo, especialmente plástico, a poluição decorrente das atividades pesqueiras e o aumento das práticas de carcinicultura. Estima-se que quase 30% da área global de angiospermas marinhas foi perdida desde o final do século XIX; pelo menos 22 das 72 espécies de angiospermas marinhas do mundo estão em declínio, e cerca de 21% são consideradas em risco, vulneráveis ou quase ameaçadas. Além disso, o status de risco de extinção de 12% das espécies é desconhecido, pois são categorizadas como deficientes em dados (Short *et al.*, 2011). Apenas 26% das angiospermas marinhas conhecidas ocorrem em áreas protegidas, estando a maior parte não abrangida por planos de gestão nem resguardada contra impactos antropogênicos (Potouroglou *et al.*, 2020; Pnuma, 2020; Dunic *et al.*, 2021). De acordo com a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas, *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens* e *Ruppia maritima* estão listados como pouco preocupantes, enquanto *Halodule beaudettei* e *Halodule emarginata* são categorizadas como dados insuficientes (Short *et al.*, 2010; Short *et al.*, 2011).

Os entrevistados também expressaram preocupação com a captura incidental de tartarugas marinhas. A conservação dessas espécies requer uma abordagem integrada entre os diversos atores envolvidos (Correia; Santos, Moura, 2016). Sendo a captura acidental de tartarugas por diferentes artes de pesca, tanto artesanal quanto industrial, considerada a principal causa de mortalidade desses animais em todo o mundo, incluindo o litoral nordestino (Marcovaldi *et al.*, 2006; Bugoni *et al.*, 2008; Sales *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2010). Além disso, as mudanças climáticas, que provocam a perda de sítios de desova devido à elevação do nível do mar, alterações na razão sexual e variação na disponibilidade de alimentos, representam ameaças adicionais (Weishampel *et al.*, 2004; Fish *et al.*, 2005).

No Ceará, já foram registradas as cinco espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil. A tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) é a mais capturada nas pescarias, enquanto a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) é a espécie predominante no estado. A tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) aparece de forma esparsa na região (Correia; Santos, Moura, 2016). Somente a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) não utiliza o

litoral cearense para alimentação e reprodução, podendo transitando pela região para reprodução (Magalhães *et al.*, 2021). A área de alimentação de *Chelonia mydas* em águas costeiras cearenses, de juvenis até adultos, é documentada desde 1964 (Lima *et al.*, 2012). A região da Bacia Potiguar, localizada na costa setentrional do Rio Grande do Norte e leste do Ceará, apresenta registros das cinco espécies de tartarugas marinhas (Correia; Santos, Moura, 2016), com *Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata* sendo as mais frequentes (Gavilan-Leandro *et al.*, 2016). Pinto *et al.* (2012) relatam *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea* e *Caretta caretta* como espécies citadas por pescadores na praia de Redonda, em Icapuí. Um estudo realizado por Marcovaldi *et al.* (2010) informa sobre tartarugas-cabeçudas rastreadas durante a migração e permanência em áreas de alimentação no litoral do Ceará, incluindo Icapuí.

As reduções na extensão e na qualidade das angiospermas marinhas afetam diretamente a megafauna marinha, gerando uma série de consequências negativas, como a diminuição da quantidade e qualidade dos alimentos para herbívoros; escassez de presas para predadores e necrófagos; comprometimento das principais fases do ciclo de vida, limitando a disponibilidade de áreas de abrigo e refúgio; redução de habitats adequados para reprodução; aumento da distância entre manchas de habitat e diminuição da conectividade; além da intensificação das interações com outros fatores de estresse de origem antropogênica. A preocupação com o peixe-boi-marinho, uma espécie ameaçada, reflete uma conscientização sobre a biodiversidade local e a necessidade de proteger essas espécies (Short; Wyllie-Echeverria, 1996). No Ceará, existem áreas importantes de ocorrência do peixe-boi-marinho, como o Município de Icapuí (litoral leste) (Aquasis, 2003). Sendo o peixe-boi-marinho considerado como um dos mamíferos marinhos mais ameaçados do país, classificado como em perigo de extinção segundo a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (Icmbio, 2022). Os fatores responsáveis pela perda e degradação desses habitats, como poluição, aquecimento dos oceanos, pressão da pesca e introdução de espécies exóticas, afetam diretamente a megafauna (Scales *et al.*, 2018).

A falta de conhecimento sobre Áreas de Proteção Ambiental (APA) entre 52% dos entrevistados pode indicar lacunas na educação ambiental. O entendimento das comunidades sobre a importância dessas áreas é fundamental para a preservação da biodiversidade e dos habitats naturais (Pérez; Romero, 1992; Obradović, Stojanović; Milić, 2022). Assim, a responsabilidade pela literacia ambiental é compartilhada entre instituições de ensino, órgãos de gestão ambiental e organizações da sociedade civil. Sendo crucial a

participação das comunidades em tomadas de decisão, cabendo a todos fortalecer ações de divulgação e educação.

É evidente que a conservação das angiospermas marinhas e dos bancos de algas em Icapuí não é apenas uma questão de proteção ambiental, mas também de sustento econômico e cultural (Bortolus, 2006; Green; Short, 2003). A sensibilização da comunidade sobre a importância desses habitats marinhos, em conjunto com políticas públicas de gestão sustentável, é essencial para garantir a preservação desses ecossistemas e a manutenção da pesca artesanal, que é parte integrante da identidade e subsistência dos moradores de Icapuí.

## 5.7 Conclusão

- A maioria dos entrevistados afirmaram conhecer angiospermas marinhas, sendo *Halodule wrightii* a espécie mais mencionada, seguida por *Halophila decipiens*;
- Os entrevistados, tanto pescadores quanto não pescadores, demonstram uma compreensão sólida sobre a importância das angiospermas marinhas, como o capim-agulha, para o equilíbrio ambiental, a proteção costeira e a alimentação de espécies marinhas;
- A maioria dos entrevistados percebe a redução dos bancos de algas e prados de angiospermas marinhas, associando essas perdas ao acúmulo de lixo, poluição e atividades econômicas como a carcinicultura, o que reflete uma consciência sobre os impactos ambientais locais;
- A percepção limitada sobre o que são e qual o papel das Áreas de Proteção Ambiental (APA) revela uma necessidade de maior educação ambiental e envolvimento comunitário para promover a preservação dos ecossistemas marinhos e o desenvolvimento sustentável da região.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação e manejo das angiospermas marinhas no litoral cearense emergem como uma necessidade para a sustentabilidade dos ecossistemas marinhos e o bem-estar das comunidades que deles dependem. Este estudo não apenas caracteriza as composições nutricionais dessas espécies, revelando sua riqueza em fibras e moderado teor de proteínas, mas também destaca seu papel relevante na cadeia alimentar marinha, especialmente para megaherbívoros. Ademais, a compreensão das relações entre macronutrientes e a saúde das angiospermas é crucial, visto que tais interações influenciam a produtividade e a dinâmica ecológica dos ambientes costeiros. As variações significativas nos teores de macrominerais e microminerais entre as diferentes partes das plantas do gênero *Halodule* indicam a necessidade de investigações adicionais que elucidem o papel dos nutrientes em ecossistemas marinhos. Além disso, o estudo enfatiza a necessidade de uma abordagem multidisciplinar, que envolva a comunidade local em iniciativas de conservação, reforçando a importância do conhecimento comunitário aliado às políticas públicas. Para a efetividade das estratégias de manejo, são essenciais a conscientização e o engajamento coletivo, que podem garantir tanto a proteção da biodiversidade como a subsistência das populações tradicionais. Portanto, futuras investigações devem expandir as amostragens e integrar técnicas genéticas para aprofundar o entendimento taxonômico. Em suma, a sinergia entre pesquisa, gestão ambiental e envolvimento comunitário é fundamental para a promoção de um futuro sustentável para os ecossistemas marinhos do Ceará, assegurando a integridade dos habitats e a continuidade das práticas de vida das comunidades costeiras.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, Josef Daniel. Convergence of filiform pollen morphologies in seagrasses: functional mechanisms. **Evolutionary Ecology**, v. 9, p. 139-153, 1995.
- ACKERMAN, Josef Daniel. Sexual Reproduction of Seagrasses: Pollination in the Marine Context. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. M. (eds.). **Seagrasses: biology, ecology and conservation**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 89-109.
- AKETA, K.; KAWAMURA, A. **Digestive functions in sirenians**. [S.l.: s.n.], 2001.
- ALEJANDRO, Santiago *et al.* Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 300, 2020.
- ALVES, Aldivan Rodrigues *et al.* Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Pubvet**, v. 10, p. 513-579, 2016.
- ALVES, Maria Danise de Oliveira. **Habitats da megafauna marinha na costa nordeste do Brasil, com ênfase em peixes-bois**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- ALVES, Sónia Raquel Guerreiro. **Bioacumulação de elementos essenciais e metais pesados no fígado dos grandes predadores do Atlântico**. 2024. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024.
- AMADO FILHO, Gilberto M. *et al.* Metal accumulation by *Halodule wrightii* populations. **Aquatic Botany**, v. 80, n. 4, p. 241-251, 2004.
- AMADO FILHO, Gilberto M.; PFEIFFER, Wolfgang C. Utilização de macrófitas marinhas no monitoramento da contaminação por metais pesados: o caso da Baía de Sepetiba, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, p. 411-419, 1998.
- AMADO-FILHO, G. M. *et al.* Heavy metals in benthic organisms from Todos os Santos Bay, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 95-100, 2008.
- AMBO-RAPPE, Rohani; LAJUS, Dmitry L.; SCHREIDER, Maria J. Heavy metal impact on growth and leaf asymmetry of seagrass, *Halophila ovalis*. **Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, v. 3, n. 6, p. 149-159, 2011.
- ANDRIGUETTO, Jose Milton *et al.* **Nutrição Animal**: As bases e os fundamentos da nutrição animal. Os alimentos. São Paulo: Nobel, 1999.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência** - filosofia e prática da pesquisa. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 240 p.
- CAMPOS, A.A. *et al.* (coord). **A Zona Costeira do Ceará**: Diagnóstico para a Gestão Integrada. Fortaleza: Aquasis, 2003. 248 p.

ARAGONES, Lemnuel V. *et al.* Dugong grazing and turtle cropping: grazing optimization in tropical seagrass systems?. **Oecologia**, v. 149, p. 635-647, 2006.

ARAGONES, Lemnuel V. **Dugongs and green turtles**: grazers in the tropical seagrass ecosystem. 1996. Tese de Doutorado. James Cook University of North Queensland, Townsville, 1996.

ARAGONES, Lemnuel; MARSH, Helene. Impact of dugong grazing and turtle cropping on tropical seagrass communities. **Pacific Conservation Biology**, v. 5, p. 277-288, 2000.

ARÉVALO-GONZÁLEZ, Gloria Katerin. **Aspectos de la ecología y fisiología alimentaria de manatí Antillano (*Trichechus manatus manatus*)**. [S.l.: s.n.], 2020.

ARISEKAR, Ulaganathan *et al.* Heavy metal concentrations in the macroalgae, seagrasses, mangroves, and crabs collected from the Tuticorin coast (Hare Island), Gulf of Mannar, South India. **Marine Pollution Bulletin**, v. 163, p. 111971, 2021.

ATHIPERUMALSAI, Thirumalai; KUMAR, Venkataraman; JESUDASS, L. Louis. **Survey and phytochemical analysis of seagrasses in the Gulf of Mannar, southeast coast of India**. [S.l.: s.n.], 2008.

ATTADEMO, F. L. N. *et al.* **Guia de Itens Alimentares de Peixe-Boi-Marinho**. Brasília: ICMBio, 2022.

ATTAWAY, D. H.; HAUG, P.; PARKER, P. L. Sterols in five coastal spermatophytes. **Lipids**, v. 6, n. 9, p. 687-691, 1971.

AUED-PIMENTEL, Sabria *et al.* Ácidos graxos saturados em produtos alimentícios: comparação de procedimentos na análise por cromatografia gasosa. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 167-172, 2005.

BABULA, Petr *et al.* Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review. **Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants**: Organic farming, pest control and remediation of soil pollutants, p. 275-317, 2010.

BALDWIN, John R.; LOVVORN, James R. Expansion of seagrass habitat by the exotic *Zostera japonica*, and its use by dabbling ducks and brant in Boundary Bay, British Columbia. **Marine ecology progress series**. Oldendorf, v. 103, n. 1, p. 119-127, 1994.

BALLARD, Bart M. *et al.* Diet and nutrition of northern pintails wintering along the southern coast of Texas. **The Journal of wildlife management**, v. 68, n. 2, p. 371-382, 2004.

BARKO, John W.; SMART, R. Michael. Mobilization of sediment phosphorus by submersed freshwater macrophytes. **Freshwater Biology**, v. 10, n. 3, p. 229-238, 1980.

BARROS, Eduardo Lacerda; MORAIS, Jáder Onofre de; PINHEIRO, Lidriana de Souza. Análise dos Indicadores do Processo Erosivo no Litoral do Município de Icapuí, Ceará, Nordeste do Brasil. **Rede - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 1, n. 14, p. 69-86, jan. 2021. ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/411>.

BARROS, K. V. S.; JARDIM, J.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Ecological observations on Polyplacophora in a *Halodule wrightii* Ascherson meadow and new records for Northeast and Brazilian coast. **Revista Nordestina de Zoologia**, v. 7, n. 1, p. 27-40, 2013.

BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; MAGALHÃES, K. M. Seagrass meadows on the northeast coast of Brazil: habitat influence on the spatial and seasonal variations. In: SYNDE (ed.). **Aquatic ecosystems:** influences, interactions and impact on the environment. New Jersey: Nova Science Publishers, 2016. p. 1-29.

BARROS, Kcrishna VS *et al.* Seasonal variation of the crustacean fauna in the belowground and aboveground strata in a *Halodule wrightii* meadow of northeastern Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 107, p. 1-7, 2017.

BARROS, Kcrishna; COSTA, Francimeire; ROCHA-BARREIRA, Cristina. A *Halophila baillonis* Ascherson bed on the semiarid coast of Brazil. **Feddes Repertorium**, v. 125, n. 3-4, p. 93-97, 2014.

BARROS, N. **A ocorrência de peixes-bois (*Trichechus spp.*) na Baía do Marajó, Pará e o estudo bromatológico de macrófitas aquáticas em potencial na dieta.** Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

BASILIO, T. *et al.* Fauna de elasmobrânquios do estuário do rio Curu, Ceará, Brasil. **Arq. Ciênc. Mar.**, v. 41, p. 65-72, 2008.

BASKIN, C. C. *et al.* Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination Second Edition Introduction. **SEEDS**, p. 1, 2014.

BRASIL. **Lei n.º 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998.

BECA-CARRETERO, Pedro *et al.* Effects of an experimental heat wave on fatty acid composition in two Mediterranean seagrass species. **Marine pollution bulletin**, v. 134, p. 27-37, 2018.

BENDER, Darren J.; CONTRERAS, Thomas A.; FAHRIG, Lenore. Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. **Ecology**, v. 79, n. 2, p. 517-533, 1998.

BERG, Björn; STAASF, Håkan. Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter. II. Influence of chemical composition. **Ecological Bulletins**, p. 373-390, 1980.

BEST, Robin C. Foods and feeding habits of wild and captive Sirenians. **MaMMAl Review**, v. 11, n. 1, p. 3-29, 1981.

BEZERRA, L.E.A. *et al.* Vida Costeira e Marinha. **Atlas Costeiro e Marinho do Estado do Ceará.** Fortaleza: [s. n], 2023. p.189-215.

BIRCH, G. F.; COX, B. M.; BESLEY, C. H. Metal concentrations in seagrass (*Halophila ovalis*) tissue and ambient sediment in a highly modified estuarine environment (Sydney estuary, Australia). **Marine pollution bulletin**, v. 131, p. 130-141, 2018.

BJORNDAL, Karen A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: **The Biology of Sea Turtles, Volume I.** (1st ed.). CRC press, 2017. p. 199-231.

BJORNDAL, Karen A. Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. **Marine Biology**, v. 56, p. 147-154, 1980.

BLACKBURN, Natalia J.; ORTH, Robert J. Seed burial in eelgrass *Zostera marina*: the role of infauna. **Marine Ecology Progress Series**, v. 474, p. 135-145, 2013.

BOLZAN, Rodrigo Cordeiro. **Bromatologia**. [S.l.: s.n.], 2013.

BONANNO, G. Trace element accumulation and distribution in the organs of *Phragmites australis* (common reed) and biomonitoring applications. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 74, n. 4, p. 1057-1064, 2011.

BONANNO, Giuseppe; DI MARTINO, Vincenzo. Trace element compartmentation in the seagrass *Posidonia oceanica* and biomonitoring applications. **Marine Pollution Bulletin**, v. 116, n. 1-2, p. 196-203, 2017.

BONANNO, Giuseppe; ORLANDO-BONACA, Martina. Trace elements in Mediterranean seagrasses: accumulation, tolerance and biomonitoring. A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 125, n. 1-2, p. 8-18, 2017.

BONANNO, Giuseppe; RACCUIA, Salvatore Antonino. Comparative assessment of trace element accumulation and bioindication in seagrasses *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* and *Halophila stipulacea*. **Marine pollution bulletin**, v. 131, p. 260-266, 2018.

BORGES, João Carlos Gomes *et al.* Identificação de itens alimentares constituintes da dieta dos peixes-boi marinhos (*Trichechus manatus*) na região Nordeste do Brasil. **Biotemas**, v. 21, n. 2, p. 77-81, 2008.

BORTOLUS, Alejandro. O capim-cordão austral *Spartina densiflora* Brong.: sua taxonomia, biogeografia e história natural. **Revista de Biogeografia**, v. 33, n. 1, p. 158-168, 2006.

BORUM, Jens *et al.* Oxygen movement in seagrasses. In: **Seagrasses: biology, ecology and conservation**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 255-270.

BOVE, C. P. Cymodoceaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2014. Disponível em:  
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobarsil/FB17116>. Acesso em: 27 fev 2024.

BRAND, S. J.; LANYON, J. M.; LIMPUS, C. J. Digesta composition and retention times in wild iMMAture green turtles, *Chelonia mydas*: a preliminary investigation. **Marine and freshwater research**, v. 50, n. 2, p. 145-147, 1999.

**BRASIL. Lei nº 633, 25 de fevereiro de 2014.** Dispõe sobre alteração da lei 262/1998. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, fev. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 06/05/2024.

**BRASIL:** Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de adaptação à mudança do clima.** Brasília: MMA, 2016.

**BRASIL.** Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Aviso de consulta pública - APA Berçários da Vida Marinha.** Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente (SEMA-CE), [2021]. Disponível em: AVISO DE CONSULTA PÚBLICA - APA Berçários da Vida Marinha - Secretaria do Meio Ambiente. Acesso em: 05 jun. 2024.

BREDEMEIER, Christian; MUNDSTOCK, Claudio Mario. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.

BRINDLEY, David N. Metabolism of triacylglycerols. In: DENNIS E. VANCE, Jean E. Vance (ed). **New comprehensive biochemistry**. Elsevier, 1991. p. 171-203.

BRINKHUIS, Boudewijn Harm; PENELLO, W. F.; CHURCHILL, A. C. Cadmium and manganese flux in eelgrass *Zostera marina* II. Metal uptake by leaf and root-rhizome tissues. **Marine Biology**, v. 58, p. 187-196, 1980.

BRITO, Geysa B. *et al.* Baseline trace elements in the seagrass *Halodule wrightii* Aschers (Cymodoceaceae) from Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 104, n. 1-2, p. 335-342, 2016.

BRITO, Geysa Barreto. **Distribuição de elementos essenciais e contaminantes em fanerógrama *Halodule wrightii* e macroalgas marinhas na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

BRODERICK, Annette C. *et al.* Are green turtles globally endangered?. **Global Ecology and Biogeography**, v. 15, n. 1, p. 21-26, 2006.

BRODIE, Stephanie *et al.* Seasonal forecasting of dolphinfish distribution in eastern Australia to aid recreational fishers and managers. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 140, p. 222-229, 2017.

BUDGE, Suzanne M.; IVERSON, Sara J.; KOOPMAN, Heather N. Studying trophic ecology in marine ecosystems using fatty acids: a primer on analysis and interpretation. **Marine MAMMAL Science**, v. 22, n. 4, 2006.

BUGONI, Leandro *et al.* Potential bycatch of seabirds and turtles in hook-and-line fisheries of the Itaipava Fleet, Brazil. **Fisheries Research**, v. 90, n. 1-3, p. 217-224, 2008.

BURGER, Joanna *et al.* Metal and metalloid levels in blood of semipalmated sandpipers (*Calidris pusilla*) from Brazil, Suriname, and Delaware Bay: Sentinels of exposure to themselves, their prey, and predators that eat them. **Environmental research**, v. 173, p. 77-86, 2019.

BURKE, Marianne K.; DENNISON, William C.; MOORE, Kenneth A. Non-structural carbohydrate reserves of eelgrass *Zostera marina*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 137, p. 195-201, 1996.

BURN, Douglas Michael. The digestive strategy and efficiency of the West Indian manatee, *Trichechus manatus*. **Comparative biochemistry and physiology. A, Comparative physiology**, v. 85, n. 1, p. 139-142, 1986.

CACCIA, Valentina G.; MILLERO, Frank J.; PALANQUES, Albert. The distribution of trace metals in Florida Bay sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 11, p. 1420-1433, 2003.

CAFRUNI, A.; KRIEGER, J. A.; SEELIGER, U. Observações sobre *Ruppia maritima* L. (Potamogetonaceae) no estuário da Lagoa dos Patos (RS-BRASIL). **Atlantica**, v. 3, p. 85-90, 1978.

CAMPBELL, Marnie L. Recruitment and colonisation of vegetative fragments of *Posidonia australis* and *Posidonia coriacea*. **Aquatic Botany**, v. 76, n. 2, p. 175-184, 2003.

CARPANETO, Armando *et al.* Ion channels in the vacuoles of the seagrass *Posidonia oceanica*. **FEBS letters**, v. 412, n. 1, p. 236-240, 1997.

CARVALHO, Hudson Wallace Pereira de *et al.* **Nutrição mineral de plantas**. [S.l.: s.n.], 2023.

CARVALHO, V. L.; MEIRELLES, ACO; SILVA, CPN. Lista de Mamíferos Marinhos do Ceará. **Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará**, v. 15, n. 11, p. 2023. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/mamiferos/>. Acessado em: 05 de fevereiro de 2024.

CASTELBLANCO-MARTÍNEZ, Delma Nataly *et al.* The trophic role of the endangered Caribbean manatee *Trichechus manatus* in an estuary with low abundance of seagrass. **Estuaries and Coasts**, v. 35, p. 60-77, 2012.

CAVALCANTE, C. C. **Uso de habitats costeiros como berçário de peixes no Ceará** **Fortaleza**, 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CEBRIÁN, Just; DUARTE, Carlos M. Patterns in leaf herbivory on seagrasses. **Aquatic Botany**, v. 60, n. 1, p. 67-82, 1998.

CETESB-COMPANHIA, DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2005. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. GTZ, v. 2, 2003.

CHALOUPKA, Milani; LIMPUS, Colin. Trends in the abundance of sea turtles resident in southern Great Barrier Reef waters. **Biological Conservation**, v. 102, n. 3, p. 235-249, 2001.

CHIARA, Vera Lúcia; SICHERI, Rosely; CARVALHO, Tatiana dos Santos Ferreira de. Teores de ácidos graxos trans de alguns alimentos consumidos no Rio de Janeiro. **Revista de Nutrição**, v. 16, p. 227-233, 2003.

CHIRENJE, Leonard I.; GILIBA, Richard A.; MUSAMBA, Emmanuel B. Local communities' participation in decision-making processes through planning and budgeting in African countries. **Chinese journal of population resources and environment**, v. 11, n. 1, p. 10-16, 2013.

CHOAT, John Howard; CLEMENTS, Kendall D. Vertebrate herbivores in marine and terrestrial environments: a nutritional ecology perspective. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, n. 1, p. 375-403, 1998.

CHOI, Katherine Fiedler. **Áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi marinho *Trichechus manatus* no Ceará e no Rio Grande do Norte**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.

CHRISTIANEN, Marjolijn JA *et al.* A dynamic view of seagrass meadows in the wake of successful green turtle conservation. **Nature Ecology & Evolution**, v. 5, n. 5, p. 553-555, 2021.

CHRISTIANEN, Marjolijn JA *et al.* Low-canopy seagrass beds still provide important coastal protection services. **PLoS one**, v. 8, n. 5, p. e62413, 2013.

CHRISTIANEN, Marjolijn JA *et al.* Seagrass ecosystem multifunctionality under the rise of a flagship marine megaherbivore. **Global change biology**, v. 29, n. 1, p. 215-230, 2023.

CLOERN, James E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Marine ecology progress series**, v. 210, p. 223-253, 2001.

COELHO, Helena *et al.* Fatty acid profiles indicate the habitat of mud snails *Hydrobia ulvae* within the same estuary: Mudflats vs. seagrass meadows. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 92, n. 1, p. 181-187, 2011.

COIMBRA-FILHO, Adelmar F. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. **Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**, p. 13-98, 1972.

COLLIER, C. J. *et al.* Seagrass proliferation precedes mortality during hypo-salinity events: a stress-induced morphometric response. **PLoS one**, Public Library of Science, v. 9, n. 4, p. e94014, 2014.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia**, Campinas, São Paulo: Editora Unicamp, 2006.

CONGDON, V. M. *et al.* Ecological Resilience Indicators for Seagrass Ecosystems. In: GOODIN, K. L. *et al.* (org.). **Ecological Resilience Indicators for Five Northern Gulf of Mexico Ecosystems**. Arlington-VA: NatureServe, 2018. p. 151-208.

COPERTINO, Margareth S. *et al.* Seagrass and submerged aquatic vegetation (VAS) habitats off the coast of Brazil: state of knowledge, conservation and main threats. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, p. 53-80, 2016.

CORIA-MONTER, Erik; DURÁN-CAMPOS, Elizabeth. Proximal analysis of seagrass species from Laguna de Términos, Mexico. **Hidrobiológica**, v. 25, n. 2, p. 249-255, 2015.

CORREIA, Jozélia Maria de Sousa; SANTOS, Ednilza Maranhão dos; MOURA, Geraldo Jorge Barbosa de. **Conservação de tartarugas marinhas no nordeste do brasil: Pesquisas, desafios e perspectivas**. 2016.

COSTA *et al.* Tradição Pesqueira e Territorialidade Subsidiando a Proposta de Criação da Reserva Extrativista de Tauá-Mirim no Estado do Maranhão. **Conhecimento local e o manejo de recursos pesqueiros de uso comum**, p.14-38, 2022.

COSTA, Francimeire do Nascimento. **A heterogeneidade ambiental em angiospermas marinhas e os efeitos sobre a variação espacial da macrofauna associada**. 2016. Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

COSTANZA, Robert *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. **Global environmental change**, v. 26, p. 152-158, 2014.

COX, Paul Alan. Hydrophilous pollination. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 19, n. 1, p. 261-279, 1988.

CREED, J. C. The seagrasses of South America: Brazil, Argentina and Chile. In E. P. Green and F. T. Short [eds.], **World atlas of seagrasses**. Univ. of California Press. p. 243–250, 2003.

CREED, Joel C. *et al.* A Synthesis of Provision and Impact in Seagrass Ecosystem Services in the Brazilian Southwest Atlantic. **Sustainability**, v. 15, n. 20, p. 14722, 2023.

CRONIN, Greg *et al.* Crayfish feeding preferences for freshwater macrophytes: the influence of plant structure and chemistry. **Journal of Crustacean Biology**, v. 22, n. 4, p. 708-718, 2002.

CULLEN-UNSWORTH, Leanne C.; UNSWORTH, Richard. A call for seagrass protection. **Science**, v. 361, n. 6401, p. 446-448, 2018.

CUNHA, E. A. *et al.* Comparative analysis of tidepool fish species composition on tropical coastal rocky reefs at State of Ceará, Brazil. **Iheringia, Sér. Zool**, v. 98, n. 3, p. 379-390, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000300013>

CURTIS, K. Alexandra *et al.* Managing catch of marine megafauna: guidelines for setting limit reference points. **Marine Policy**, v. 61, p. 249-263, 2015.

CYR, Hélène; PACE, Michael L. Magnitude and patterns of herbivory in aquatic and terrestrial ecosystems. **Nature**, v. 361, n. 6408, p. 148-150, 1993.

DA FONSECA, Marcelina Pereira *et al.* **Valor energético de dietas para bovinos obtido por respirometria calorimétrica**. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/5aaf6077-6307-4e4c-9c5f-bd678b2b7e11/content>. Acesso em: 02/03/2024.

DALSGAARD, Anne Johanne Tang *et al.* Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. **Advances in Marine Biology**, v. 46, p. 225-340, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(03\)46005-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(03)46005-7).

DANTAS, N. C. F. M. **Ictiofauna associada aos espiões de uma praia arenosa no nordeste brasileiro:** estrutura da assembleia, ecologia trófica e impactos antropogênicos. 2019. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/44996>. Acesso em 06/05/2024.

DAVIDSON, Ana D. *et al.* Drivers and hotspots of extinction risk in marine mammals. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 9, p. 3395-3400, 2012.

DAWES, C. *et al.* Proximate composition, photosynthetic and respiratory responses of the seagrass *Halophila engelmannii* from Florida. **Aquatic Botany**, v. 27, n. 2, p. 195-201, 1987.

DAWES, Clinton J. *et al.* Regrowth of the seagrass *Thalassia testudinum* into propeller scars. **Aquatic Botany**, v. 59, n. 1-2, p. 139-155, 1997.

DAWES, Clinton J. Seasonal proximate constituents and caloric values in seagrasses and algae on the west coast of Florida. **Journal of Coastal Research**, p. 25-32, 1986.

DAWES, Clinton J.; LAWRENCE, John M. Seasonal changes in the proximate constituents of the seagrasses *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*. and *Syringodium filiforme*. **Aquatic Botany**, v. 8, p. 371-380, 1980.

DE LOS SANTOS, Carmen B. *et al.* Interaction of short-term copper pollution and ocean acidification in seagrass ecosystems: toxicity, bioconcentration and dietary transfer. **Marine pollution bulletin**, v. 142, p. 155-163, 2019.

DE LOS SANTOS, Carmen B. *et al.* Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. **Out of the Blue: The Value of Seagrasses to the Environment and to People**, p. 19-21, 2020.

DE LOS-SANTOS, Carmen B. *et al.* **Manual de formação para monitorização e gestão de ervas marinhas nos países membros da RAM-PAO.** Centro de Ciências do Mar do Algarve, Faro, 2022.

DE MEDEIROS, Sérgio Raposo; MARINO, C. T. Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação. **Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

DE MEIRELLES, Ana Carolina Oliveira *et al.* Don't let me down: West Indian manatee, *Trichechus manatus*, is still critically endangered in Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v. 67, p. 126169, 2022.

- DEANGELIS, Bryan M. *et al.* First characterization of shark nursery habitat in the United States Virgin Islands: evidence of habitat partitioning by two shark species. **Marine Ecology Progress Series**, v. 358, p. 257-271, 2008.
- DEN HARTOG, C. An approach to the taxonomy of the sea-grass genus *Halodule* Endl. (Potamogetonaceae). **Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants**, v. 12, n. 2, p. 289–312, 1964.
- DEN HARTOG, C.; KUO, John. Taxonomy and Biogeography of Seagrasses. **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 1-23, 2006.
- DEN HARTOG, Cornelis. **The seagrasses of the world**. North-Holland, Amsterdam, 1970.
- DETMANN, Edenio *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, v. 214, 2012.
- DEYOE, Hudson R. *et al.* Impacts of episodic freshwater inflow pulses on seagrass dynamics in the Lower Laguna Madre, Texas, 1998–2017. **Estuaries and Coasts**, p. 1-22, 2023.
- DHANIAPUTRI, Risanti *et al.* Introduction to plant metabolism, secondary metabolites biosynthetic pathway, and in-silico molecular docking for determination of plant medicinal compounds: An overview. In: **7th International Conference on Biological Science (ICBS 2021)**. Atlantis Press, 2022. p. 373-382.
- DI CARLO, G.; MCKENZIE, L. J. Seagrass training manual for resource managers. **Conservation International**, USA, 2011.
- DI GIULIO, Richard T.; SCANLON, Patrick F. Heavy metals in aquatic plants, clams, and sediments from the Chesapeake Bay, USA Implications for waterfowl. **Science of the total environment**, v. 41, n. 3, p. 259-274, 1985.
- DI LEO, A. *et al.* Trace metal distributions in *Posidonia oceanica* and sediments from Taranto Gulf (Ionian Sea, southern Italy). **Mediterranean Marine Science**, v. 14, n. 1, p. 204-213, 2013.
- DIAS, Carolina Braga. **Dinâmica do sistema estuarino Timonha/Ubatuba (Ceará-Brasil): considerações ambientais**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- DÍAZ-ABAD, Lucía *et al.* eDNA metabarcoding for diet analyses of green sea turtles (*Chelonia mydas*). **Marine Biology**, v. 169, n. 1, p. 18, 2022.
- DUARTE, Carlos M *et al.* Dynamics of Seagrass Stability and Change. **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 271-294, 2006.
- DUARTE, Carlos M. *et al.* The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. **Nature climate change**, v. 3, n. 11, p. 961-968, 2013.
- DUARTE, Carlos M. Seagrass nutrient content. **Marine ecology progress series**. Oldendorf, v. 6, n. 2, p. 201-207, 1990.

DUARTE, Carlos M. The future of seagrass meadows. **Environmental conservation**, v. 29, n. 2, p. 192-206, 2002.

DUARTE, Carlos M.; MARTÍN, Merino; MARGARITA, Gallegos. Evidence of iron deficiency in seagrasses growing above carbonate sediments. **Limnology and Oceanography**, v. 40, n. 6, p. 1153-1158, 1995.

DUARTE, Carlos M.; SAND-JENSEN, Kaj. Nutrient constraints on establishment from seed and on vegetative expansion of the Mediterranean seagrass *Cymodocea nodosa*. **Aquatic Botany**, v. 54, n. 4, p. 279-286, 1996.

DUFFY, J. Emmett *et al.* Toward a coordinated global observing system for seagrasses and marine macroalgae. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p. 317, 2019.

DUNIC, Jillian C. *et al.* Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4096-4109, 2021.

ELDRIDGE, Peter M.; MORSE, John W. A diagenetic model for sediment-seagrass interactions. **Marine Chemistry**, v. 70, n. 1-3, p. 89-103, 2000.

ENRÍQUEZ, Susana; SCHUBERT, Nadine. Direct contribution of the seagrass *Thalassia testudinum* to lime mud production. **Nature communications**, v. 5, n. 1, p. 3835, 2014. Environment and to People. PNUMA, Nairobi, 2020.

ERRANO, Raquel *et al.* The role of *Cymodocea nodosa* on the dynamics of trace elements in different marine environmental compartments at the Mar Menor Lagoon (Spain). **Marine pollution bulletin**, v. 141, p. 52-60, 2019.

ESPÍNDOLA, G. B. **Nutrição de animais monogástricos de produção**. Fortaleza: Expressão gráfica e editor, v. 204, 2016.

ESTES, James A. *et al.* Megafaunal impacts on structure and function of ocean ecosystems. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 41, n. 1, p. 83-116, 2016.

FAEGRI, Knut; VAN DER PIJL, Leendert. **Principles of pollination ecology**, 3rd Revised Edition, Pergamon Press, Oxford, 1979.

FAGAN, Eder Paulo *et al.* Fatores ambientais e de manejo sobre a composição química do leite em granjas leiteiras do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 3, p. 309-316, 2010.

FAHN, Abraham. **Secretory tissues in plants**. 1981.

FARIAS, Josefrance Morais de. Caderno Didático de Análise de Alimentos (Governo do Estado do Ceará). **Cadernos Pronatec Goiás**, v. 1, n. 1, p. 1086-1166, 2018.

FENNEMA, O. R. **Food chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996.

FENNER, Michael; THOMPSON, Ken. **The ecology of seeds**. Cambridge university press, 2005.

FERREIRA, Chirle *et al.* The influence of salinity on growth, morphology, leaf ultrastructure, and cell viability of the seagrass *Halodule wrightii* Ascherson. **Protoplasma**, v. 254, p. 1529-1537, 2017.

FERRELL, C. L.; OLTJEN, J. W. ASAS Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle—Concepts, application, and future models. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 10, p. 2779-2794, 2008.

FIGUEROLA, Jordi; GREEN, Andy J. Dispersal of aquatic organisms by waterbirds: a review of past research and priorities for future studies. **Freshwater biology**, v. 47, n. 3, p. 483-494, 2002.

FIGUEROLA, Jordi; GREEN, Andy J.; SANTAMARÍA, Luis. Comparative dispersal effectiveness of wigeongrass seeds by waterfowl wintering in south-west Spain: quantitative and qualitative aspects. **Journal of Ecology**, v. 90, n. 6, p. 989-1001, 2002.

FILHO, R.B. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. **Química Nova**, v. 33, p. 229-239, 2010.

FITRIAN, T.; KUSNADI, A.; PERSILETTE, R. N. Seagrass community structure of Tayando-Tam Island, Southeast Moluccas, Indonesia. **Biodiversitas**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 788-794, 2017.

FITRIAN, Tyani; KUSNADI, AGus; PERSILETTE, Rosmi Nuslah. Seagrass community structure of Tayando-Tam Island, Southeast Moluccas, Indonesia. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 18, n. 2, p. 788-794, 2017.

FLØJGAARD, Camilla *et al.* Exploring a natural baseline for large-herbivore biomass in ecological restoration. **Journal of Applied Ecology**, v. 59, n. 1, p. 18-24, 2022.

FONSECA, M. S. *et al.* Factors influencing landscape pattern of the seagrass *Halophila decipiens* in an oceanic setting. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier, v. 76, n. 1, p. 163–174, 2008.

FORTES, Miguel D. Seagrass ecosystem conservation in Southeast Asia needs to link science to policy and practice. **Ocean & coastal management**, v. 159, p. 51-56, 2018.

FOURQUREAN, James W.; ZIEMAN, Joseph C. Nutrient content of the seagrass *Thalassia testudinum* reveals regional patterns of relative availability of nitrogen and phosphorus in the Florida Keys USA. **Biogeochemistry**, v. 61, p. 229-245, 2002.

FRASER, Ceridwen I.; WATERS, Jonathan M. Algal parasite *Herpodiscus durvillaeae* (Phaeophyceae: Sphacelariales) inferred to have traversed the Pacific Ocean with its buoyant host. **Journal of Phycology**, v. 49, n. 1, p. 202-206, 2013.

FREITAS, J. E. P. *et al.* Composition and structure of the ichthyofauna in a marine protected area in the western equatorial Atlantic: a baseline to support conservation management. **Reg. Stud. Mar. Scien.**, v. 25, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.100488>.

FREITAS, J. E. P.; LOTUFO, T. M. C. Reef fish assemblage and zoogeographic affinities of a scarcely known region of the western equatorial Atlantic. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.**, v. 95, n. 3, p. 623-633. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315414001404>.

GACIA, Esperança *et al.* Sediment deposition and production in SE-Asia seagrass meadows. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 56, n. 5-6, p. 909-919, 2003.

GACIA, Esperança; DUARTE, Carlos M.; MIDDELBURG, Jack J. Carbon and nutrient deposition in a Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. **Limnology and Oceanography**, v. 47, n. 1, p. 23-32, 2002.

GARDNER, Susan C. *et al.* Heavy metal accumulation in four species of sea turtles from the Baja California peninsula, Mexico. **Biometals**, v. 19, p. 91-99, 2006.

GAVILAN-LEANDRO, S. A. C. *et al.* Pesquisa e Conservação de Tartarugas Marinhas na Bacia Potiguar, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. In: CORREIA, J. M. S. (Org.); SANTOS, E. M. (Org.); MOURA, G. J. B. (Org.). **Conservação de Tartarugas Marinhas no Nordeste do Brasil: Pesquisas, Desafios e Perspectivas**. 1. ed. Recife: Editora Universitária da UFRPE, v. único. p. 71-89, 2016.

GENRO, T.C.M; ORQIS, M.G. **Informações básicas sobre coleta de amostras e principais análises químico-bromatológicas de alimentos destinados à produção de ruminantes**. Bagé, Embrapa Pecuária Sul, 24 p. 2008.

GEOR, Raymond J.; HARRIS, Patricia; COENEN, Manfred. **Equine applied and clinical nutrition: health, welfare and performance**. Elsevier Health Sciences, 2013.

GHANDOURAH, Mohamed *et al.* Ácidos graxos e outras composições químicas de algumas ervas marinhas coletadas no Mar Vermelho Saudita com potencial de agentes antioxidantes e anticancerígenos. **Thalassas: Um Jornal Internacional de Ciências Marinhas**, v. 37, p. 13-22, 2021.

GLENCROSS, Brett D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in aquaculture**, v. 1, n. 2, p. 71-124, 2009.

GOMES, Priscila Cordeiro; SIMEONE, Maria Lúcia Ferreira. **Determinação rápida de extrato etéreo utilizando extrator a alta temperatura**. 2012. Disponível em: ct202.pdf. Acesso em: 04 fev de 2024.

GONZALEZ-SOCOLOSKE, Daniel. **Aspects of the feeding ecology of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the wetlands of Tabasco, Mexico**. 2013. Tese de Doutorado. Duke University.

GOPI, Selvaraj *et al.* Heavy metals accumulation in seagrasses collected from Palk Bay, South-eastern India. **Marine Pollution Bulletin**, v. 157, p. 111305, 2020.

- GOSSELIN, Marc *et al.* Trace metal concentrations in *Posidonia oceanica* of North Corsica (northwestern Mediterranean Sea): use as a biological monitor?. **BMC ecology**, v. 6, p. 1-19, 2006.
- GOVINDASAMY, Chinnavenkataraman *et al.* Concentration of heavy metals in seagrasses tissue of the Palk Strait, Bay of Bengal. **International journal of environmental sciences**, v. 2, n. 1, p. 145-153, 2011.
- GREEN, E. P.; SHORT, Frederick T. **World Atlas of Seagrasses**. University of California Press, p. 324, 2003.
- GRIFFITHS, Laura L.; CONNOLLY, Rod M.; BROWN, Christopher J. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. **Ocean & Coastal Management**, v. 183, p. 104946, 2020.
- GUEBERT-BARTHOLO, F. M. *et al.* Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. **Endangered Species Research**, v. 13, n. 2, p. 131-143, 2011.
- GUTERRES-PAZIN, Michelle Gil *et al.* Nutritional characterization of aquatic plants in different floodplain habitats of the Central Amazon. **Hydrobiologia**, p. 1-16, 2024.
- HADI, M. R.; KARIMI, N. The Role of Calcium in Plants'salt Tolerance. **Journal of plant nutrition**, v. 35, n. 13, p. 2037-2054, 2012.
- HADJICHRISTOPHOROU, M.; GROVE, D. J. A study of appetite, digestion and growth in juvenile green turtle (*Chelonia mydas* L.) fed on artificial diets. **Aquaculture**, v. 30, n. 1-4, p. 191-201, 1983.
- HALKET, John M.; ZAIKIN, Vladimir G. Derivatization in mass spectrometry—1. Silylation. **European Journal of Mass Spectrometry**, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2003.
- HALL, J. áL. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. **Journal of experimental botany**, v. 53, n. 366, p. 1-11, 2002.
- HAMMER, Beth Trust; FOGEL, Marilyn L.; HOERING, Thomas C. Stable carbon isotope ratios of fatty acids in seagrass and redhead ducks. **Chemical Geology**, v. 152, n. 1-2, p. 29-41, 1998.
- HANSON, Christine E.; HYNDES, Glenn A.; WANG, Shao Fang. Differentiation of benthic marine primary producers using stable isotopes and fatty acids: Implications to food web studies. **Aquatic Botany**, v. 93, n. 2, p. 114-122, 2010.
- HARPER, John L. *et al.* Population biology of plants. **Population biology of plants.**, 1977.
- HARSHAW, Lauren T. **Evaluation of the nutrition of Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*)**. Tese de Doutorado. University of Florida. 2012.
- HARTMAN, Daniel S. **Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida**. 1979.

HARWELL, Matthew C.; ORTH, Robert J. Long-distance dispersal potential in a marine macrophyte. **Ecology**, v. 83, n. 12, p. 3319-3330, 2002.

HATJE, Vanessa *et al.* Vegetated coastal ecosystems in the Southwestern Atlantic Ocean are an unexploited opportunity for climate change mitigation. **Communications Earth & Environment**, v. 4, n. 1, p. 160, 2023.

HEINSOHN, George E.; BIRCH, W. R. **Foods and feeding habits of the dugong, *Dugong dugong* (Erxleben)**, in northern Queensland, Australia. 1972.

HEMMINGA, Marten A.; DUARTE, Carlos M. **Seagrass ecology**. Cambridge University Press, 2000.

HOLMER, Marianne *et al.* Sulfide intrusion in the tropical seagrasses *Thalassia testudinum* and *Syringodium filiforme*. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 85, n. 2, p. 319-326, 2009.

HOLMER, Marianne; DUARTE, Carlos M.; MARBÁ, Nuria. Iron additions reduce sulfate reduction rates and improve seagrass growth on organic-enriched carbonate sediments. **Ecosystems**, v. 8, p. 721-730, 2005.

HORSTMANN, Lara. Gastrointestinal tract. In: **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, 2018. p. 397-400.

HOWARD, Jason L. *et al.* CO<sub>2</sub> released by carbonate sediment production in some coastal areas may offset the benefits of seagrass “Blue Carbon” storage. **Limnology and Oceanography**, v. 63, n. 1, p. 160-172, 2018.

HOWELL, Lyndsey N. *et al.* Ontogenetic shifts in diet and habitat of juvenile green sea turtles in the northwestern Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress Series**, v. 559, p. 217-229, 2016.

HUA, Kuo-Feng *et al.* Study on the antiinflammatory activity of methanol extract from seagrass *Zostera japonica*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 2, p. 306-311, 2006.

HUME, Ian D. Concepts of digestive efficiency. **Physiological and ecological adaptations to feeding in vertebrates**, p. 43-58, 2005.

IBAMA. **Plano de Gestão e Diagnóstico Geoambiental e Sócio-econômico da APA Delta do Parnaíba**. Fortaleza: IEPS/UECE, 1998.

ICMBIO. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II—Mamíferos**. Brasília: ICMBIO, 2022.

IDEMA. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da Biodiversidade da zona costeira e marinha**: caracterização dos ecossistemas costeiros dos Estados Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. Natal: Base de Dados Tropical, 1999.

IMMACULATE, J. K.; LILLY, T. T.; PATTERSON, J. Macro and micro nutrients of seagrass species from Gulf of Mannar, India. **MOJ Food Process Technol**, v. 6, n. 4, p. 391-398, 2018.

INCZÉDY, János; LENGYEL, Tamás. **Compendium of analytical nomenclature: definitive rules 1997**. Institut d'Estudis Catalans, 1998.

INGLIS, Graeme J. Disturbance-related heterogeneity in the seed banks of a seagrasses. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 1, p. 88-99, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos fisico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p.1020. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br>. Acesso em: 22 set. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal de Acaraú**. 2014. Disponível em: [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm2014/Acarau.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm2014/Acarau.pdf). Acesso em: 05 jun. 2024.

IPCC. **Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate**. 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srocc/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

IRAWAN, ADITYA *et al.* Seagrass beds as the buffer zone for fish biodiversity in coastal water of Bontang City, East Kalimantan, Indonesia. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 19, n. 3, p. 1044-1053, 2018.

IUCN, Red List Categories. Criteria Version 3.1 Second edition. **International Union for Conservation of Nature and Natural Resources**, 2012.

JACKSON, Jeremy BC *et al.* Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. **science**, v. 293, n. 5530, p. 629-637, 2001.

JACKSON, Jeremy BC. Distribution and ecology of clonal and aclonal benthic invertebrates. **Population biology and evolution of clonal organisms.**, p. 297-356, 1985.

JAGTAP, T. G. Metal distribution in *Halophila beccariei* (Aschers) and surrounding environment along the central west coast of India. **Mahasagar**, 1983.

JAGTAP, T. G.; UNTAWALE, A. G. **Chemical composition of marine macrophytes and their surrounding water and sediments**, from Minicoy, Lakshadweep. 1984.

JAMES, Rebecca K. *et al.* Maintaining tropical beaches with seagrass and algae: a promising alternative to engineering solutions. **BioScience**, v. 69, n. 2, p. 136-142, 2019.

JAMES, Rebecca K. *et al.* Seagrass coastal protection services reduced by invasive species expansion and megaherbivore grazing. **Journal of Ecology**, v. 108, n. 5, p. 2025-2037, 2020.

JARVIS, Jessie C.; MOORE, Kenneth A. The role of seedlings and seed bank viability in the recovery of Chesapeake Bay, USA, *Zostera* marina populations following a large-scale decline. **Hydrobiologia**, v. 649, p. 55-68, 2010.

JASCHINSKI, Sybill; BREPOHL, Daniela C.; SOMMER, Ulrich. Seasonal variation in carbon sources of mesograzers and small predators in an eelgrass community: stable isotope and fatty acid analyses. **Marine Ecology Progress Series**, v. 431, p. 69-82, 2011.

JEEVITHA, M.; ATHIPERUMAL SAMI, T.; KUMAR, Venkataraman. Dietary fibre, mineral, vitamin, amino acid and fatty acid content of seagrasses from Tuticorin Bay, Southeast coast of India. **Phytochemistry**, v. 90, p. 135-146, 2013.

JENKINS, G. P. *et al.* Ecological basis for parallel declines in seagrass habitat and catches of commercial fish in Western Port Bay, Victoria. In: D. A. Hancock (ed.), **Sustainable fisheries through sustaining fish habitat**. Australian Society of Fish Biology Workshop, Victor Harbour, South Australia. AGPS. 1993. p. 124-136.

JEYAPRAGASH, Danaraj; SARAVANAKUMAR, Ayyappan; YOSUVA, Mariasingarayan. Seagrass metabolomics: a new insight towards marine based drug discovery. In: **Metabolomics-Methodology and Applications in Medical Sciences and Life Sciences**. IntechOpen, 2021.

JHAVERI, Parth; PAPASTAMATIOU, Yannis P.; GERMAN, Donovan P. Digestive enzyme activities in the guts of bonnethead sharks (*Sphyrna tiburo*) provide insight into their digestive strategy and evidence for microbial digestion in their hindguts. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 189, p. 76-83, 2015.

JIMÉNEZ-DOMÍNGUEZ, D. **Eficiência digestiva de proteínas e matéria seca de dietas de peixe-boi (*Trichechus manatus manatus*), em Quintana Roo e Tabasco, México**. Tese de Bacharelado. Universidade Autônoma de Juárez Tabasco, Villahermosa, México, 2006.

JOSEPH, Jeanne D.; ACKMAN, Robert G.; SEABORN, Gloria T. Effect of diet on depot fatty acid composition in the green turtle *Chelonia mydas*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 80, n. 1, p. 15-22, 1985.

JOVENTINO, Francisca Pinheiro; DANTAS, Norma Pinheiro; MARASCHIN, Carmen Dulce Holderbaum. Distribuição de algas marinhas no litoral de Fortaleza, Ceará, Brasil. 1998.

KABARA, Jon J. (Ed.). **Symposium on the Pharmacological Effect of Lipids**. The American Oil Chemists Society, 1978.

KAILAS, Abhilash P.; NAIR, S. M. Comparison of nutrient compositions and calorific values of eight tropical seaweeds. **Phykos**, v. 45, n. 1, p. 62-74, 2015.

KALA, S. Chandra; MALLIKARJUNA, K.; ARUNA, P. Qualitative phyto chemical analysis of seed and leaf callus extracts of canthium parviflorum lam. Guntur district, Andhra Pradesh. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 3, n. 4, p. 177 182, 2012.

KANTRUD, Harold A. **Wigeongrass (*Ruppia maritima L.*): a literature review**. 1991.

KENNEDY, Hilary *et al.* Organic carbon sources to SE Asian coastal sediments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 60, n. 1, p. 59-68, 2004.

KENWORTHY, W. Judson *et al.* Seagrass Conservation Biology: An Interdisciplinary Science for Protection of the Seagrass Biome. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. M. (eds.). **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**, p. 595, 2006.

KEYS JR, J. E.; VAN SOEST, P. J.; YOUNG, E. P. Comparative study of the digestibility of forage cellulose and hemicellulose in ruminants and nonruminants. **Journal of Animal Science**, v. 29, n. 1, p. 11-15, 1969.

KHARLAMENKO, V. I. *et al.* Identification of food sources of invertebrates from the seagrass *Zostera marina* community using carbon and sulfur stable isotope ratio and fatty acid analyses. **Marine Ecology Progress Series**, v. 220, p. 103-117, 2001.

KILMINSTER, Kierny. Trace element content of seagrasses in the Leschenault Estuary, Western Australia. **Marine pollution bulletin**, v. 73, n. 1, p. 381-388, 2013.

KOCH, Evamaria W *et al.* Fluid Dynamics in Seagrass Ecology-from Molecules to Ecosystems. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. M. (eds.). **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 193-225, 2006.

KOCH, Evamaria W. *et al.* Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 1, p. 29-37, 2009.

KOCH, M. S. *et al.* Tropical seagrass species tolerance to hypersalinity stress. **Aquatic Botany**, v. 86, n. 1, p. 14-24, 2007.

KRUCZYNSKI, William L.; FLETCHER, Pamela J. **Tropical connections**. Cambridge, MD, US: IAN Press, University of Maryland Center for Environmental Science, 2012.

KUO, J.; DEN HARTOG, C. Seagrasses: A profile of an ecological group. **Biologia Marina Mediterranea**, v. 7, n. 2, p. 3-17, 2000.

KUO, J.; HARTOG, C. D. Seagrass taxonomy and identification key. In: SHORT, F. T.; COLES, R. G. (Ed.). **Global Seagrass Research Methods**. [S.l.]: Elsevier Science, 2001. p. 31-58.

KUO, J.; KIRKMAN, H. *Halophila decipiens* Ostenfeld in estuaries of southwestern Australia. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 51, n. 3-4, p. 335-340, 1995.

KUO, John.; DEN HARTOG, C. Seagrass Morphology, Anatomy, and Ultrastructure. **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 51-87, 2006.

LABOREL-DEGUEN, F. Preliminary note on the ecology of marine phanerogamous grasslands on the coasts of the states of Pernambuco and Paraíba. **Trabalhos do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia**, v. 3, p. 39-51, 1963.

LACERDA, LD de; CARVALHO, C. E. V.; GOMES, M. P. Nota sobre a distribuição de Mn, Zn e Cu em siris da Baía de Sepetiba. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 3, p. 847-849, 1989.

- LAFFOLEY, Dan; GRIMSDITCH, Gabriel D. (Ed.). **The management of natural coastal carbon sinks.** Iucn, 2009.
- LALLI, Carol; PARSONS, Timothy R. **Biological oceanography:** an introduction. Elsevier, 1997.
- LANGDON, CiJ; WALDOCK, M. J. The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* spat. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 61, n. 2, p. 431-448, 1981.
- LANYON, J. M.; MARSH, H. Digesta passage times in the dugong. **Australian Journal of Zoology**, v. 43, n. 2, p. 119-127, 1995.
- LANYON, Janet M.; LIMPUS, Colin J.; MARSH, Helene. **Dugongs and turtles:** grazers in the seagrass system. 1989.
- LANYON, Janet. **The nutritional ecology of the dugong (*Dugong dugon*) in tropical north Queensland.** 1991. Tese de Doutorado. Monash University.
- LEELA, Chouhan; SHASHANK, Bhatt; SURESH, Dhyani. Phytochemical screening of secondary metabolites of *euphorbia neriifolia* linn. **Global journal of research on medicinal plants & indigenous medicine**, v. 2, n. 5, p. 292, 2013.
- LEIGH, Samantha C.; PAPASTAMATIOU, Yannis P.; GERMAN, Donovan P. Seagrass digestion by a notorious ‘carnivore’. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 285, n. 1886, p. 20181583, 2018.
- LEMIRE, Michel. **Particularites De L'estomac du Lamantin *Trichechus Senegalensis* Link.(Sireniens, Trichechidae).** *Mammalia*, vol. 32, no. 3, p. 475-520. 1968.
- LEON, B. E. P. **Estrutura da assembleia e influência da estação chuvosa sobre a ictiofauna de poças de maré da praia da Pedra Rachada, Paracuru-CE.** 2020. 44 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- LES, Donald H.; CLELAND, Maryke A.; WAYCOTT, Michelle. Phylogenetic studies in Alismatidae, II: evolution of seagrasses (seagrasses) and hydrophily. **Systematic Botany**, p. 443-463, 1997.
- LEWIS, Michael A. *et al.* Evaluation of a Florida coastal golf complex as a local and watershed source of bioavailable contaminants. **Marine pollution bulletin**, v. 48, n. 3-4, p. 254-262, 2004.
- LEWIS, Michael A.; DEVEREUX, Richard. Nonnutritive anthropogenic chemicals in seagrass ecosystems: fate and effects. **Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal**, v. 28, n. 3, p. 644-661, 2009.
- LEWIS, Sara M. Herbivory on coral reefs: algal susceptibility to herbivorous fishes. **Oecologia**, v. 65, p. 370-375, 1985.

- LEWISON, Rebecca L. *et al.* Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. **Trends in ecology & evolution**, v. 19, n. 11, p. 598-604, 2004.
- LI, Yanping *et al.* A review of metal contamination in seagrasses with an emphasis on metal kinetics and detoxification. **Journal of Hazardous Materials**, v. 454, p. 131500, 2023.
- LIMA, Eduardo HSM *et al.* From Suriname to Ceará. Green turtle found dead on the coast of Ceará, Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, n. 135, p. 18, 2012.
- LIMA, M. A. C, *et al.* A review of seagrass ecosystem services: providing nature-based solutions for a changing world. **Hydrobiologia**, v. 850, n. 12, p. 2655-2670, 2023.
- LIPKIN, Y. *Halodule brasiliensis* sp. nov., a new seagrass from South America (Potamogetonaceae). **Revista brasileira de biologia**, 1980.
- LOMOLINO, Mark V.; EWEL, Katherine Carter. Digestive efficiencies of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*). **Florida Scientist**, p. 176-179, 1984.
- LOURENÇO, R. C. G. **Assembleia de peixes de estuários negativos do Nordeste brasileiro**: atualização taxonômica, padrões espaço-temporais e aspectos funcionais. 2016. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/19273>. Acesso em: 05 fev de 2024.
- LUCENA-FRÉDOU, Flávia *et al.* Atividade pesqueira artesanal no nordeste do Brasil. **DO MAR**, v. 374, 2021.
- LUNA, F. de O. **Distribuição, status de conservação e aspectos tradicionais do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral norte do Brasil**. 2001. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 2001.
- LYNCH, Michael; SHAPIRO, Joseph. Predation, enrichment, and phytoplankton community structure. **Limnol. Oceanogr**, v. 26, n. 1, p. 86-102, 1981.
- LYNGBY, Jens Erik; BRIX, Hans. Monitoring of heavy metal contamination in the Limfjord, Denmark, using biological indicators and sediment. **Science of the total environment**, v. 64, n. 3, p. 239-252, 1987.
- LYNGBY, Jens Erik; BRIX, Hans. The uptake of heavy metals in eelgrass *Zostera marina* and their effect on growth. **Ecological Bulletins**, p. 81-89, 1984.
- MACIEL, L.G. **Caracterização Química por CG-EM do Extrato Etanólico da angiosperma Marinho *Halodule wrightii* Ascher e avaliação das atividades anticancer a anticolinesterásica**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2019.
- MACINNIS-NG, Catriona MO; RALPH, Peter J. Variations in sensitivity to copper and zinc among three isolated populations of the seagrass, *Zostera capricorni*. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 302, n. 1, p. 63-83, 2004.

MAGALHÃES, K. M. *et al.* Seagrass meadows at the Suape Port area, Pernambuco, Brazil. In: Claudio-Sales V, Tonini IM and Dantas EWC. **Anais de trabalhos completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil**, Editora da Universidade Federal do Ceará. 2003. p. 334-335.

MAGALHÃES, K.M. **Variações na composição química do capim-agulha *Halodule wrighti* ASCHERSON, no litoral leste da Ilha de Itamaracá, norte do estado de Pernambuco, Brasil.** 1999. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.

MAGALHÃES, Karine Matos; DE SOUZA BARROS, Krishna Vilanova. *Halodule* genus in Brazil: a new growth form. **Aquatic Botany**, v. 140, p. 38-43, 2017.

MAGALHÃES, Werlanne M. de S. *et al.* Regular Nesting by Leatherback Sea Turtles (*Dermochelys coriacea*) in the Parnaíba Delta Area, Northeastern Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, v. 164, p. 6-11, 2021.

MAGALHÃES, K.M.; ESKINAZI-LEÇA, E.; JUNIOR, A. M. M. Morfometria e biomassa da fanerógama marinha *Halodule wrightii* Ascherson no litoral norte de Pernambuco. **Tropical Oceanography**. ISSN: 1679-3013, v. 25, n. 1, 1997.

MAHAN, Escott-Stump. **Krause Alimentos, Nutrição E Dietoterapia (13)**. Elsevier Mosby, 2015.

MALEA, P.; HARITONIDIS, S.; KEVREKIDIS, Th. Seasonal and local variations of metal concentrations in the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Antikyra Gulf, Greece. **Science of the Total Environment**, v. 153, n. 3, p. 225-235, 1994.

MALEA, Paraskevi. Seasonal variation and local distribution of metals in the seagrass *Halophila stipulacea* (Forsk.) Aschers. In the Antikyra Gulf, Greece. **Environmental Pollution**, v. 85, n. 1, p. 77-85, 1994.

MALEA, Paraskevi. Uptake of Cadmium and the Effect on Viability of Leaf Cells in the Seagrass *Halophila stipulacea* (Forsk.) Aschers. **Botanica Marina**, v. 37, p. 67-74, 1994.

MALEA, Paraskevi; BOUBONARI, Theodora; KEVREKIDIS, Theodoros. Iron, zinc, copper, lead and cadmium contents in *Ruppia maritima* from a Mediterranean coastal lagoon: monthly variation and distribution in different plant fractions. **Botanica Marina**, v. 51, p. 320-330, 2008.

MALEA, Paraskevi; HARITONIDIS, S.; KEVREKIDIS, T. Metal content of some green and brown seaweeds from Antikyra Gulf (Greece). **Hydrobiologia**, v. 310, p. 19-31, 1995.

MALEA, Paraskevi; KEVREKIDIS, T.; HARITONIDIS, S. The short-term uptake of zinc and cell mortality of the seagrass *Halophila stipulacea* (Forsk.) Aschers. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 43, n. 1, p. 21-30, 1995.

MALLIN, Michael A.; PAERL, Hans W. Planktonic trophic transfer in an estuary: seasonal, diel, and community structure effects. **Ecology**, v. 75, n. 8, p. 2168-2184, 1994.

MALM, Torleif. Reproduction and recruitment of the seagrass *Halophila stipulacea*. **Aquatic botany**, v. 85, n. 4, p. 345-349, 2006.

MANHEZI, Andreza Cano; BACHION, Maria Márcia; PEREIRA, Ângela Lima. Utilização de ácidos graxos essenciais no tratamento de feridas. **Revista Brasileira de enfermagem**, v. 61, p. 620-628, 2008.

MARBA, Nuria *et al.* Growth patterns of Western Mediterranean seagrasses: species-specific responses to seasonal forcing. **Marine Ecology Progress Series**, v. 133, p. 203-215, 1996.

MARBA, Núria *et al.* Seagrass beds and coastal biogeochemistry. In: LARKUM, AWD; ORTH, RJ; DUARTE, CM (eds.). **Seagrasses: biology, ecology and conservation**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 135–157.

MARCOVALDI, M. A. *et al.* Sea turtles and fishery interactions in Brazil: identifying and mitigating potential conflicts. **Marine Turtle Newsletter**, v. 112, n. 1, p. 4-8, 2006.

MARCOVALDI, Maria Ângela *et al.* Satellite-tracking of female loggerhead turtles highlights fidelity behavior in northeastern Brazil. **Endangered Species Research**, v. 12, n. 3, p. 263-272, 2010.

MARINHO-SORIANO, E. Historical context of commercial exploitation of seaweeds in Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v. 29, n. 2, p. 665-671, 2017.

MARQUES, J. G. **Pescando pescadores: etnoecologia abrangente no baixo São Francisco**. São Paulo: NUPAUB-USP, 1995. 304p.

MARQUES, L. V.; CREED, J. C. Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), v. 12, n. 2, p. 12, 2008.

MARSCHNER, Horst (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2011.

MARSH, H.; HEINSOHN, G. E.; SPAIN, A. V. The stomach and duodenal diverticula of the dugong (*Dugong dugon*). **Functional anatomy of marine mammals**, v. 3, p. 271-294, 1977.

MARSH, Helene *et al.* Analysis of stomach contents of dugongs from Queensland. **Wildlife Research**, v. 9, n. 1, p. 55-67, 1982.

MARSH, Helene; GRECH, Alana; MCMAHON, Kathryn. Dugongs: seagrass community specialists. **Seagrasses of Australia: structure, ecology and conservation**, p. 629-661, 2018.

MARSH, Helene; O'SHEA, Thomas J.; REYNOLDS, John Elliott. **Ecology and conservation of the Sirenia: dugongs and manatees**. Cambridge University Press, 2011.

MARSHALL, Christopher D. *et al.* Morfologia orofacial e comportamento alimentar dos peixes-boi dugongos, amazônicos, da África Ocidental e das Antilhas (MaMMALia: Sirenia): morfologia funcional do complexo músculo-vibrissal. **Jornal de Zoologia**, v. 259, n. 3, p. 245-260, 2003.

MARTIN, Belinda C. *et al.* Composition of seagrass root associated bacterial communities are linked to nutrients and heavy metal concentrations in an anthropogenically influenced estuary. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 768864, 2022.

MARTÍNEZ-DARANAS, B.; CANO MALLO, M.; CLERO ALONSO, L. **Los pastos marinos de Cuba:** estado de conservación y manejo. 2009.

MARTÍNEZ-DARANAS, Beatriz; SUÁREZ, Ana M. An overview of Cuban seagrasses. **Bulletin of Marine Science**, v. 94, n. 2, p. 269-282, 2018.

MARTÍNEZ-GARRIDO, José *et al.* First record of *Ruppia maritima* in West Africa supported by morphological description and phylogenetic classification. **Botanica Marina**, v. 60, n. 5, p. 583-589, 2017.

MATEO; Miguel A *et al.* Carbon Flux in Seagrass Ecosystems. **Seagrasses:** biology, ecology and conservation, p. 159-192, 2006.

MATIAS, Lígia Queiroz *et al.* Flora do Ceará: Hydrocharitaceae e as fanerógamas marinhas: Cymodoceaceae, Ruppiaceae. **Rodriguésia**, v. 68, p. 1333-1346, 2017.

MATOS *et al.* Caracterização geográfica da zona costeira e marinha do ceará. **Atlas costeiro e marinho do ceará**, p. 42 – 59, 2023.

MATTHEWS-CASCON, Helena. **Biota marinha da costa oeste do Ceará**. Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MAURER, Larry G.; PARKER, P. L. Fatty acids in sea grasses and marsh plants. **Contrib. Mar. Sci. Univ. Texas**, v. 4, p. 113-119, 1967.

MCARTHUR, Lynne C.; BOLAND, John W. The economic contribution of seagrass to secondary production in South Australia. **Ecological modelling**, v. 196, n. 1-2, p. 163-172, 2006.

MCKENZIE, Len J. *et al.* Seagrass ecosystems of the Pacific Island Countries and Territories: A global bright spot. **Marine Pollution Bulletin**, v. 167, p. 112308, 2021.

MCKENZIE, Len J. *et al.* The global distribution of seagrass meadows. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 7, p. 074041, 2020.

MCLEOD, Elizabeth *et al.* A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO<sub>2</sub>. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 10, p. 552-560, 2011.

MCMILLAN, Calvin; MOSELEY, Frank N. Salinity tolerances of five marine spermatophytes of Redfish Bay, Texas. **Ecology**, v. 48, n. 3, p. 503-506, 1967.

MEIRELES, A. J. A.; SANTOS, A. M. F. **Atlas de Icapuí**. Fortaleza: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012.

MEIRELLES, A. C. O.; CARVALHO, V. L. Peixe-boi marinho: biologia e conservação no Brasil. **Aquasis, Bambu Editora e Artes Gráficas, São Paulo.** 176p, 2016.

MELO, Adriana Santana Queiroz. **Métodos analíticos para avaliação e controle de vanádio e cobre em água de mar e efluentes de refinaria de petróleo.** 2003. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

MÉNDEZ-SALGADO, Estefania *et al.* Trophic ecology of hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Golfo Dulce, Costa Rica: integrating esophageal lavage and stable isotope ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) analysis. **Latin american journal of aquatic research**, v. 48, n. 1, p. 114-130, 2020.

MISHRA, Amrit Kumar *et al.* Seagrass ecosystems of India as bioindicators of trace elements. **Coastal Ecosystems: Environmental importance, current challenges and conservation measures**, p. 45-65, 2022.

MOIR, R. J. Ruminant digestion and evolution. **Handbook of physiology**, v. 5, p. 2673-2694, 1968.

MONTEIRO NETO, C.; MENDONÇA NETO, J. P. Biologia da conservação marinha. **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

MORAES, M. V. A. R.; FREIRE, G. S. S.; MANSO, V. do A. V. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna do município de Acaraú - Ceará - Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-21, jun. 2015.

MORAIS *et al.*, Ceará. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da erosão costeira no Brasil**, 2018. p. 261 - 287.

MORAIS, Jader Onofre de; DIAS, Carolina Braga; PINHEIRO, Lidriana de Souza. Depuration capacity of the Timonha-Ubatuba estuarine system, in Ceará state, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 47, n. 1, p. 30-37.

MOREIRA, Nara Xavier; CURI, Rui; MANCINI FILHO, Jorge. Ácidos graxos: uma revisão. **Nutrire Rev. Soc. Bras. Aliment. Nutr**, p. 105-123, 2002.

MORETZ-SOHN, Larissa Dantas. *et al.* Pescadores artesanais e a implementação de áreas marinhas protegidas: estudo de caso no nordeste do Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Portugal v. 13, n. 2, jun. 2013, p. 193-204.

MORGAN, D. L. *et al.* Discovery of a pupping site and nursery for critically endangered green sawfish *Pristis zijsron*. **Journal of Fish Biology**, v. 86, n. 5, p. 1658-1663, 2015.

NAGELKERKEN, Ivan. Evaluation of nursery function of mangroves and seagrass beds for tropical decapods and reef fishes: patterns and underlying mechanisms. **Ecological connectivity among tropical coastal ecosystems**, p. 357-399, 2009.

NARASINGA RAO, B. S.; DEOSTHALE, Y. G.; PANT, K. C. Nutritive value of Indian foods. **Hyderabad, India**: Indian Council of Medical Research, National Institute of Nutrition, p. 24-48, 1989.

NASCIMENTO, M. d. S. V.; SASSI, R. Interferências humanas na área de influência direta do manguezal dos rios Timonha/Ubatuba, Estado do Piauí, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 15, n. 1, p. 73–90, 2009.

NEPF, Heidi M.; VIVONI, E. R. Flow structure in depth-limited, vegetated flow. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 105, n. C12, p. 28547-28557, 2000.

NOBREGA, Gabriel Nuto. **Subaqueous soils of the Brazilian seagrass meadows: Biogeochemistry, genesis, and classification**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2017.

OBESO, José Ramón. The costs of reproduction in plants. **New phytologist**, v. 155, n. 3, p. 321-348, 2002.

OBRADOVIĆ, Sanja; STOJANOVIĆ, Vladimir; MILIĆ, Dubravka. The importance of understanding the local community's attitude toward nature conservation. Preprint (Version 1) de 2022, available at Research Square. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1759803/v1>.

O'BRIEN, Katherine R. *et al.* Seagrass ecosystem trajectory depends on the relative timescales of resistance, recovery and disturbance. **Marine Pollution Bulletin**, v. 134, p. 166-176, 2018.

OLESEN, Birgit. Reproduction in Danish eelgrass (*Zostera marina* L.) stands: size dependence and biomass partitioning. **Aquatic Botany**, v. 65, n. 1-4, p. 209-219, 1999.

OLIVEIRA, E. C. *et al.* Algas e angiospermas marinhas bênticas do litoral brasileiro: diversidade, exploração e conservação. In: **Workshop sobre Avaliação e ações prioritárias para a conservação da Biodiversidade das zonas costeira e marinha**. Relatório Técnico. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 2002. p. 411-416.

OLIVEIRA, EC; PIRANI, Jr; GIULIETTI, AM Brazilian seagrasses. **Aquat. Robot.** v. 16, p. 251–267, 1983.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. *et al.* The Brazilian seagrasses. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 16, n. 3, p. 251–267, 1983.

OLSEN, Jeanine L. *et al.* The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea. **Nature**, v. 530, n. 7590, p. 331-335, 2016.

ONDIVIELA, Barbara *et al.* The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate. **Coastal engineering**, v. 87, p. 158-168, 2014.

ORTH, Robert J *et al.* Ecology of Seagrass Seeds and Dispersal Strategies. **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 111-133, 2006.

ORTH, Robert J. *et al.* A global crisis for seagrass ecosystems. **Bioscience**, v. 56, n. 12, p. 987-996, 2006.

ORTH, Robert J. *et al.* A review of issues in seagrass seed dormancy and germination: implications for conservation and restoration. **Marine Ecology Progress Series**, v. 200, p. 277-288, 2000.

ORTH, Robert J.; HECK JR, Kenneth L. The dynamics of seagrass ecosystems: History, past accomplishments, and future prospects. **Estuaries and Coasts**, v. 46, n. 7, p. 1653-1676, 2023.

OSCAR, Michelle A.; BARAK, Simon; WINTERS, Gidon. The tropical invasive seagrass, *Halophila stipulacea*, has a superior ability to tolerate dynamic changes in salinity levels compared to its freshwater relative, *Vallisneria americana*. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 950, 2018.

PAPAMANDJARIS, Andrea A.; MACDOUGALL, Diane E.; JONES, Peter JH. Medium chain fatty acid metabolism and energy expenditure: obesity treatment implications. **Life sciences**, v. 62, n. 14, p. 1203-1215, 1998.

PARK, Kil Jin; ANTONIO, Graziella Colato. Análises de materiais biológicos. **Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola**, 2006.

PARRA, R. Comparison of foregut and hindgut fermentation in herbivores. **The Ecology of Arboreal Folivores**, 1978.

PARRISH, Christopher C. Lipids in marine ecosystems. **International Scholarly Research Notices**, v. 2013, n. 1, p. 604045, 2013.

PASUMPON, Nigariga; VASUDEVAN, Sugumar. Seasonal variation of heavy metals in seagrasses along Thondi coast, Palk Bay, India. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 21, p. 26849-26857, 2021.

PAUL, Maike. The protection of sandy shores—can we afford to ignore the contribution of seagrass?. **Marine Pollution Bulletin**, v. 134, p. 152-159, 2018.

PAULA, Eugênia Vale, et al. A inovação social e o desenvolvimento sustentável na algicultura: o caso do projeto mulheres de corpo e alga. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 2015, vol. 8, no 2, p. 379-400.

PAZ, Micael Lincoln Cardoso. **Plano Local de Desenvolvimento da Maricultura-PLDM:** estudo de caso do município de Icapuí, CE. TCC (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

PAZZAGLIA, Jessica *et al.* Phenotypic plasticity under rapid global changes: The intrinsic force for future seagrasses survival. **Evolutionary applications**, v. 14, n. 5, p. 1181-1201, 2021.

PEDERSEN, Morten F.; DUARTE, Carlos M.; CEBRIÁN, Apenas. Taxas de mudanças nos estoques de matéria orgânica e nutrientes durante a colonização e desenvolvimento do povoamento de *Cymodoceanodosa* de ervas marinhas. **Série de Progresso da Ecologia Marinha**, v. 159, p. 29-36, 1997.

- PÉREZ, Marta; ROMERO, Javier. Photosynthetic response to light and temperature of the seagrass *Cymodocea nodosa* and the prediction of its seasonality. **Aquatic Botany**, v. 43, n. 1, p. 51-62, 1992.
- PETTITT, J. M. Reproduction in seagrasses: nature of the pollen and receptive surface of the stigma in the Hydrocharitaceae. **Annals of Botany**, v. 45, n. 3, p. 257-271, 1980.
- PHILLIPS, R. C. The seagrass ecosystem and resources in Latin America. In: **Coastal plant communities of Latin America**. Academic Press, 1992. p. 107-121.
- PHILLIPS, Ronald C. On species of the seagrass, *Halodule*, in Florida. **Bulletin of Marine Science**, v. 17, n. 3, p. 672-676, 1967.
- PHILLIPS, Ronald C. **Observations on the ecology and distribution of the Florida seagrasses**. Florida State Board of Conservation, Marine Laboratory, 1960.
- PINHEIRO, L. DE S. (org.). **Geografia marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Programa de Geologia e Geofísica Marinha, v. 1, p. 129-153, 2020.
- PINHEIRO, L.; LANA, P. C.; ANDRIGUETTO FILHO, J. M.; HANAZAKI, N. A pesca do arrastão de praia no litoral do Paraná: Reflexões sobre o método etnoecológico. In: ARAÚJO, T. A. S.; ALBUQUERQUE, U. P. (org.). **Encontros e desencontros na pesquisa 113 etnobiológica e etnoecológica: os desafios do trabalho em campo**. 1<sup>a</sup> ed. Recife: NUPEEA, 2009. p. 135-151.
- PINTO, Márcia Freire. **Caracterização socioambiental e uso de animais por comunidades tradicionais do litoral do Estado do Ceará**. 2012. 165 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **The Value of Seagrasses to the Environment and to People**. Nairóbi: PNUMA, 2020.
- PORTER, Karen G. Selective grazing and differential digestion of algae by zooplankton. **Nature**, v. 244, n. 5412, p. 179-180, 1973.
- PÖRTNER, Hans-Otto *et al.* The ocean and cryosphere in a changing climate. In: **IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate**, 2019.v. 1155.
- POTOUROGLOU, Maria *et al.* Out of the Blue: the Value of Seagrasses to the Environment and People. **United Nations Environment Programme**, 2020.
- POTT, Delphine M.; OSORIO, Sonia; VALLARINO, José G. From central to specialized metabolism: An overview of some secondary compounds derived from the primary metabolism for their role in conferring nutritional and organoleptic characteristics to fruit. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 835, 2019.
- PRADHEEBA, M. *et al.* Evaluation of seagrasses for their nutritional value. 2011.

PRANGE, J. A.; DENNISON, W. C. Physiological responses of five seagrass species to trace metals. **Marine Pollution Bulletin**, v. 41, n. 7-12, p. 327-336, 2000.

PREEN, A. 1995. Diet of dugongs: are they omnivores? **Journal of Mammalogy**, 76 (1): 163-172.

PREEN, Anthony. Impacts of dugong foraging on seagrass habitats: observational and experimental evidence for cultivation grazing. **Marine Ecology Progress Series**, v. 124, p. 201-213, 1995.

PULICH JR, Warren M. Seasonal growth dynamics of *Ruppia maritima* Lsl and *Halodule wrightii* Aschers. in southern Texas and evaluation of sediment fertility status. **Aquatic Botany**, v. 23, n. 1, p. 53-66, 1985.

PULICH, WJr. Ecology of a hypersaline lagoon: the Laguna Madre. In: FORE PL, PETERSON RD (ed). Proceedings of the Gulf of Mexico Coastal Ecosystems Workshop, 1980.

RAMIRES, Milena; MOLINA, Silvia Maria Guerra; HANAZAKI, Natalia. Etnoecologia caiçara: o conhecimento dos pescadores artesanais sobre aspectos ecológicos da pesca. **Biota**, v. 20, n. 1, p. 101-113, 2007.

RASHEED, Michael A. Recovery and succession in a multi-species tropical seagrass meadow following experimental disturbance: the role of sexual and asexual reproduction. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 310, n. 1, p. 13-45, 2004.

RASHEED, Michael A. Recovery of experimentally created gaps within a tropical *Zostera capricorni* (Aschers.) seagrass meadow, Queensland Australia. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 235, n. 2, p. 183-200, 1999.

RECH, C. L. S. *et al.* Manual prático de análises de alimentos para animais de interesse zootécnico. **Vitória da Conquista, BA: UESB**, 2010.

REEP, Roger L.; BONDE, Robert K. **The Florida manatee**: Biology and conservation. 2006.

RENGASAMY, Ragupathi Raja Kannan; RADJASSEGARIN, Arumugam; PERUMAL, Anantharaman. Seagrasses as potential source of medicinal food ingredients: Nutritional analysis and multivariate approach. **Biomedicine & Preventive Nutrition**, v. 3, n. 4, p. 375-380, 2013.

REUSCH, Thorsten BH. Floral neighbourhoods in the sea: how floral density, opportunity for outcrossing and population fragmentation affect seed set in *Zostera marina*. **Journal of Ecology**, p. 610-615, 2003.

RICART, Aurora M. *et al.* Coast-wide evidence of low pH amelioration by seagrass ecosystems. **Global change biology**, v. 27, n. 11, p. 2580-2591, 2021.

RICHIR, Jonathan *et al.* Experimental in situ exposure of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile to 15 trace elements. **Aquatic Toxicology**, v. 140, p. 157-173, 2013.

RICHOUX, Nicole B.; FRONEMAN, P. William. Trophic ecology of dominant zooplankton and macrofauna in a temperate, oligotrophic South African estuary: a fatty acid approach. **Marine Ecology Progress Series**, v. 357, p. 121-137, 2008.

ROBERTS, David A.; JOHNSTON, EMMA L.; POORE, Alistair GB. Contamination of marine biogenic habitats and effects upon associated epifauna. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 6, p. 1057-1065, 2008.

RODRIGUES, Fernanda M. *et al.* Nutritional composition of food items consumed by antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*) along the coast of paraíba, northeastern Brazil. **Aquatic Botany**, v. 168, p. 103324, 2021.

RODRIGUES, F. M. **Ecologia alimentar e composição bromatológica de alimentos do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) na Paraíba.** 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

RODRIGUES, Nilson Felipe Barros. **A Ocorrência de Peixes-Bois (*Trichechus Spp.*) na Baía do Marajó, Pará e o Estudo Bromatológico De Macrófitas Aquáticas Em Potencial Na Dieta.** Trabalho de Mestrado, 2017.

RODRIGUES, Ruben Cassel *et al.* **Avaliação Químico-Bromatológica de Alimentos Produzidos em Terras Baixas para Nutrição Animal.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. (Documentos, 270).

ROMERO, Javier *et al.* Nutrient dynamics in seagrass ecosystems. **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 227-254, 2006.

RUCKELSHAUS, Mary H. Estimation of genetic neighborhood parameters from pollen and seed dispersal in the seagrasses *Zostera marina* L. **Evolution**, v. 50, n. 2, p. 856-864, 1996.

RUEDA, Jose L.; SALAS, Carmen. Trophic dependence of the emerald neritid *Smaragdia viridis* (Linnaeus, 1758) on two seagrasses from European coasts. **Journal of Molluscan Studies**, v. 73, n. 2, p. 211-214, 2007.

RUIZ, Hector; BALLANTINE, David L. Occurrence of the seagrass *Halophila stipulacea* in the tropical west Atlantic. **Bulletin of Marine Science**, v. 75, n. 1, p. 131-135, 2004.

RUPÉREZ, Pilar. Mineral content of edible marine seaweeds. **Food chemistry**, v. 79, n. 1, p. 23-26, 2002.

SALES, Gilberto; GIFFONI, Bruno B.; BARATA, Paulo CR. Incidental catch of sea turtles by the Brazilian pelagic longline fishery. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, n. 4, p. 853-864, 2008.

SALMAN, Ana Karina Dias *et al.* **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos.** Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2010.

SANCHEZ-VIDAL, Anna *et al.* Seagrasses provide a novel ecosystem service by trapping marine plastics. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 254, 2021.

SANCHIZ, C.; GARCIA-CARRASCOSA, A. M.; PASTOR, A. Bioaccumulation of Hg, Cd, Pb and Zn in four marine phanerogams and the alga *Caulerpa prolifera* (Försskal) Lamouroux from the east coast of Spain. vol. 42, p. 157-164, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1515/BOT.1999.018>.

SANINA, Nina M.; GONCHAROVA, Svetlana N.; KOSTETSKY, Eduard Y. Fatty acid composition of individual polar lipid classes from marine macrophytes. **Phytochemistry**, v. 65, n. 6, p. 721-730, 2004.

SANZ-LÁZARO, Carlos *et al.* The role of the seagrass *Posidonia oceanica* in the cycling of trace elements. **Biogeosciences**, v. 9, n. 7, p. 2497-2507, 2012.

SCALES, Kylie L. *et al.* Fisheries bycatch risk to marine megafauna is intensified in Lagrangian coherent structures. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 28, p. 7362-7367, 2018.

SCHMELZLE, Hansjörg *et al.* Randomized double-blind study of the nutritional efficacy and bifidogenicity of a new infant formula containing partially hydrolyzed protein, a high β-palmitic acid level, and nondigestible oligosaccharides. **Journal of pediatric gastroenterology and nutrition**, v. 36, n. 3, p. 343-351, 2003.

SCHWAMBORN, Silvia Helena Lima. **Dinâmica e organização trófica de assembleias de peixes associadas aos prados de capim marinho (*Halodule wrightii*) de Itamaracá, Pernambuco**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SEABORN, Gloria T.; MOORE, M. Katherine; BALAZS, George H. Depot fatty acid composition in iMMAture green turtles (*Chelonia mydas*) residing at two near-shore foraging areas in the Hawaiian Islands. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 140, n. 2, p. 183-195, 2005.

SENA, Ingrid CM *et al.* Environmental settings of seagrass meadows control rare earth element distribution and transfer from soil to plant compartments. **Science of the Total Environment**, v. 843, p. 157095, 2022.

SEQUEIRA, Ana MM *et al.* Convergence of marine megafauna movement patterns in coastal and open oceans. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 12, p. 3072-3077, 2018.

SERAFIM, R. S.; ANTONELLI, A.; SANTOS, M. A. T. Determinação da matéria seca e proteína bruta pelo método convencional e microondas. **FAZU em Revista [Internet]**, v. 11, p. 39-43, 2017.

SERRANO, Oscar *et al.* Impact of mooring activities on carbon stocks in seagrass meadows. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 23193, 2016.

SERRANO, Oscar *et al.* The *Posidonia oceanica* marine sedimentary record: a Holocene archive of heavy metal pollution. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 22, p. 4831-4840, 2011.

SERRANO, Raquel *et al.* The role of *Cymodocea nodosa* on the dynamics of trace elements in different marine environmental compartments at the Mar Menor Lagoon (Spain). **Marine pollution bulletin**, v. 141, p. 52-60, 2019.

SHARMA, DUSHYANT *et al.* Antibacterial capacity and identification of bioactive compounds by GCMS of Allium cepa. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 10, n. 2, p. 116, 2018.

SHEPPARD, James K. *et al.* Movement heterogeneity of dugongs, *Dugong dugon* (Müller), over large spatial scales. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 334, n. 1, p. 64-83, 2006.

SHORT, F. *et al.* Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 350, n. 1-2, p. 3-20, 2007.

SHORT, F. T. Effects of sediment nutrients on seagrasses: literature review and mesocosm experiment. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 27, n. 1, p. 41–57, 1987.

SHORT, F. T. *et al.* *Halodule beaudettei*. The IUCN Red List of Threatened Species: e. T173329A6992218. 2010. Disponível em: *Halodule beaudettei* (iucnredlist.org). Acesso em: 27 fev 2024.

SHORT, F. T.; SHORT, C. A.; NOVAK, A. B. Seagrasses. In: FINLAYSON, C. M.; MILTON, G. R.; PRENTICE, C.; DAVIDSON, N. C. (ed.). **The Wetland Book II: Distribution, Description, and Conservation**. Dordrecht: Springer, 2016. p.1-19.

SHORT, Frederick T. *et al.* Extinction risk assessment of the world's seagrass species. **Biological Conservation**, v. 144, n. 7, p. 1961-1971, 2011.

SHORT, Frederick T. *et al.* SeagrassNet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, v. 27, n. 4, p. 277-289, 2006.

SHORT, Frederick T.; NECKLES, Hilary A. The effects of global climate change on seagrasses. **Aquatic Botany**, v. 63, n. 3-4, p. 169-196, 1999.

SHORT, Frederick T.; WYLLIE-ECHEVERRIA, Sandy. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. **Environmental conservation**, v. 23, n. 1, p. 17-27, 1996.

SHORT, Frederick T.; SHORT, C. A. The seagrass filter: purification of estuarine and coastal waters. In: **The Estuary as a filter**: proceedings of the seventh Biennial international Estuarine Research conference; Virginia Beach-Va., 23-26 October 1983. Academic Press, 1984.

SIEGAL-WILLOTT, Jessica L. *et al.* Proximate nutrient analyses of four species of submerged aquatic vegetation consumed by Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) compared to romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 41, n. 4, p. 594-602, 2010.

SIEVERS, Michael *et al.* The role of vegetated coastal wetlands for marine megafauna conservation. **Trends in ecology & evolution**, v. 34, n. 9, p. 807-817, 2019.

SILANDER JA, Jr. Microevolution in clonal plants. In: JACKSON JBC, BUSS LW and COOK RE (eds). **Population Biology and Evolution of Clonal Organisms**. Yale University Press, New Haven. p, 107–152, 1985.

SILVA, Dirceu Jorge. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. UFV, 2006.

SILVA, Juliana Maria Costa da. **Caracterização parcial e atividades farmacológicas do extrato rico em polissacarídeos sulfatados da angiosperma marinha *Halodule wrightii***. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

SILVA, Luciana Maria da; DA SILVA BERTI, Mariana Pina. Manganês no solo e nas plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 3, 2022.

SILVA, Matheus Felipe de Souza Dias da. **Tartarugas marinhas, macroalgas e derramamento de óleo: áreas de alimentação e contaminação** (Ipojuca, Pernambuco). 2021. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/46083>. Acesso em: 02 de fev 2023.

SILVA, Sarah Aparecida Campos. **Composição bromatológica de alimentos ofertados para Peixes-Bois-Marinhos (*Trichechus manatus manatus*) no litoral leste cearense**. 2020. 49 f. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SINGH, Shalini *et al.* Trace metal content in sediment cores and seagrass biomass from a tropical southwest Pacific Island. **Marine Pollution Bulletin**, v. 171, p. 112745, 2021.

SOARES, Marcelo O. *et al.* Blue carbon ecosystems in Brazil: Overview and an urgent call for conservation and restoration. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 797411, 2022.

SOBTZICK, Susan *et al.* Aerial survey of the urban coast of Queensland to evaluate the response of the dugong population to the widespread effects of the extreme weather events of the summer of 2010-11. Final Report to the Australian Marine Mammal Centre and the National Environment Research, 2012.

SORDO, L. *et al.* Temporal variations in morphology and biomass of vulnerable *Halodule wrightii* meadows at their southernmost distribution limit in the southwestern atlantic. **Botanica marina**, Walter de Gruyter, v. 54, n. 1, p. 13–21, 2011.

SOUZA, L. G. X. **Peixes marinhos e estuarinos do Ceará e seu estado de conservação**. 2022. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/64297>. Acesso em: 05 fev de 2024.

SOUZA, Luiz Di. *et al.* **Serviços Ambientais do Banco de Algas Marinhas do Município de Icapuí (CE): Proposta de Ordenamento da Utilização dos Recursos Naturais**. III Enfoque Socioecológico, p. 151-156, 2012.

- STEINER, S. C. C.; WILLETTE, D. A. The expansion of *Halophila stipulacea* (Hydrocharitaceae, Angiospermae) is changing the seagrass landscape in the commonwealth of Dominica, Lesser Antilles. **Caribb. Nat.**, v. 22, p. 1-19, 2015.
- Sterner R.W.E.J.J. Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere. 2002.
- STEVENSON, Frank J.; COLE, Michael A. **Cycles of soils:** carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John Wiley & Sons, 1999.
- STORELLI, Maria Maddalena *et al.* Total and subcellular distribution of trace elements (Cd, Cu and Zn) in the liver and kidney of green turtles (*Chelonia mydas*) from the Mediterranean Sea. **Chemosphere**, v. 70, n. 5, p. 908-913, 2008.
- STRINGELL, Thomas B. *et al.* Taxonomic distinctness in the diet of two sympatric marine turtle species. **Marine Ecology**, v. 37, n. 5, p. 1036-1049, 2016.
- SUMNER, Lloyd W.; MENDES, Pedro; DIXON, Richard A. Plant metabolomics: large scale phytochemistry in the functional genomics era. **Phytochemistry**, v. 62, n. 6, p. 817 836, 2003.
- SUNDA, William G. Trace metal interactions with marine phytoplankton. **Biological oceanography**, v. 6, n. 5-6, p. 411-442, 1989.
- TANGO, E.; CANENCIA, O.; DEL ROSARIO, R. M. Phytochemical screening and proximate composition of the seagrass *Halodule pinifolia* of the coastal waters of Carmen, Agusan Del Norte, Philippines. **Int. J. Modern Pharm. Res.**, v. 5, p. 75-80, 2021.
- TEH, Louise SL; TEH, Lydia CL; JOLIS, Gavin. An economic approach to marine megafauna conservation in the coral triangle: Marine turtles in Sabah, Malaysia. **Marine Policy**, v. 89, p. 1-10, 2018.
- THANGARADJOU, T. *et al.* Heavy metal enrichment in the seagrasses of Lakshadweep group of islands—a multivariate statistical analysis. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 673-685, 2013.
- THAYER, Gordon W. *et al.* Role of larger herbvores in seagrass communities. **Estuaries**, v. 7, p. 351-376, 1984.
- THOMAS, VINOOTH. Structural, functional and phylogenetic aspects of the colleter. **Annals of Botany**, v. 68, n. 4, p. 287-305, 1991.
- TOL, Samantha J. *et al.* Long distance biotic dispersal of tropical seagrass seeds by marine mega-herbivores. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 4458, 2017.
- TOUCHETTE, Brant W. Seagrass-salinity interactions: physiological mechanisms used by submersed seagrassess for a life at sea. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 350, n. 1-2, p. 194-215, 2007.

TRAGANOS, Dimosthenis. *et al.* Seagrass mapping and monitoring. **Out of the Blue: The Value of Seagrasses to the Environment and to People**, p. 48-56, 2020.

TREVATHAN-TACKETT, Stacey M. *et al.* A global assessment of the chemical recalcitrance seagrass tissues: implications sequestration. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 925, 2017.

UNEP, 2006. Annual Report. Disponível em: -UNEP 2006 Annual Report-2007755.pdf. Acesso em: 27 fev 2024.

UNESCO. IOC. **Ocean Literacy Portal** - Ocean plastic pollution an overview: data and statistics. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Intergovernmental Oceanographic Commission. 2022. Disponível em: <https://oceanoliteracy.unesco.org/plastic-pollution-ocean/>.

UNITED NATIONS. **Implementation plan suMMARy**. Decade of Ocean Science for Sustainable Development. Paris: Unesco, 2021.

UNSWORTH, Richard KF *et al.* Global challenges for seagrass conservation. **Ambio**, v. 48, p. 801-815, 2019.

UNSWORTH, Richard KF *et al.* High connectivity of Indo-Pacific seagrass fish assemblages with mangrove and coral reef habitats. **Marine Ecology Progress Series**, v. 353, p. 213-224, 2008.

UNSWORTH, Richard KF; NORDLUND, Lina Mtwana; CULLEN-UNSWORTH, Leanne C. Seagrass meadows support global fisheries production. **Conservation Letters**, v. 12, n. 1,p. e12566, 2019.

VALENTINE, John F.; DUFFY, J. Emmett. The Central Role of Grazing in Seagrass Ecology. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. M. (eds.). **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 463-501, 2006.

VALENTINE, John F.; HECK, K. L. Seagrass herbivory: evidence for the continued grazing of marine grasses. **Marine Ecology Progress Series**, v. 176, p. 291-302, 1999.

VALIELA, Ivan; VALIELA, Ivan. **Marine ecological processes**. New York: Springer, 1995.

VAN DER HEIDE, Tjisse *et al.* A three-stage symbiosis forms the foundation of seagrass ecosystems. **science**, v. 336, n. 6087, p. 1432-1434, 2012.

VAN MONTFRANS, Jacques; ORTH, Robert J.; VAY, Stephanie A. Preliminary studies of grazing by *Bittium varium* on eelgrass periphyton. **Aquatic Botany**, v. 14, p. 75-89, 1982.

VAN SOEST, Peter J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 1994.

VAN TUSSEN BROEK *et al.* The biology of *Thalassia*: paradigms and recent advances in research. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. M. (eds.). **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**, p. 409-439, 2006.

- VANNI, Michael J. Effects of food availability and fish predation on a zooplankton community. **Ecological monographs**, v. 57, n. 1, p. 61-88, 1987.
- VANTUSSEN BROEK, B.I. et al. Technical Report, **Guía de los Pastos Marinos Tropicales del Atlántico Oeste**. México, D.F.: [s.n.], 2010.
- VASCONCELOS FILHO, J. I. F. **Influência da qualidade do habitat para a produção pesqueira:** o papel dos manguezais sobre a ictiofauna de um estuário no Ceará-Brasil. 2021. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/60693>.
- VASKOVSKY, Victor E. et al. Polar lipids and fatty acids of some marine macrophytes from the Yellow Sea. **Phytochemistry**, v. 42, n. 5, p. 1347-1356, 1996.
- VERDUIN, J. J. In situ Submarine Pollination in *Amphibolis antarctica*: (Labill.) Sonder et Aschers. and Its Relation to Hydrodynamics. In: **In situ Submarine Pollination in *Amphibolis antarctica***: (Labill.) Sonder et Aschers. and Its Relation to Hydrodynamics. The University of Western Australia, 1996. p. 123-128.
- VERHOEVEN, Joseph Thomas Antonius. The ecology of *Ruppia*-dominated communities in Western Europe. I. Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology. **Aquatic Botany**, v. 6, p. 197-267, 1979.
- VERLENGIA, Rozangela et al. Genes regulated by arachidonic and oleic acids in Raji cells. **Lipids**, v. 38, p. 1157-1165, 2003.
- VIBOL, O. et al. Seagrass diversity and distribution in coastal area of Kampot Province, Cambodia. **International Journal of Environmental and Rural Development**, v. 1, n. 2, p. 112-117, 2010.
- VIDOTTI, Eliane Cristina; ROLLEMBERG, Maria do Carmo E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Química nova**, v. 27, p. 139-145, 2004.
- VIEIRA, Enio Cardillo. Energia em biologia. **Revista da UFMG**, v. 26, n. 1 e 2, p. 136-145, 2019.
- VILLAÇA, Roberto. Recifes biológicos. In: PEREIRA e SOARES-GOMES (orgs). **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciênciac, 2002.
- VISO, A.-C. et al. Lipid components of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. **Phytochemistry**, v. 34, n. 2, p. 381-387, 1993.
- VONK, J. Arie et al. Seagrass leaf element content: A global overview. **Marine Pollution Bulletin**, v. 134, p. 123-133, 2018.
- WADOOD, Abdul et al. Phytochemical analysis of medicinal plants occurring in local area of Mardan. **Biochem anal biochem**, v. 2, n. 4, p. 1-4, 2013.

- WALLACE, Bryan P. *et al.* Global conservation priorities for marine turtles. **PLoS one**, v. 6, n. 9, p. e24510, 2011.
- WANG, X. *et al.* The influence of increased iron concentration on survival and growth of seedlings and young plants of eelgrass *Zostera marina*. **Marine Ecology**, v. 38, 2017.
- WARD, T. J. Temporal variation of metals in the seagrass *Posidonia australis* and its potential as a sentinel accumulator near a lead smelter. **Marine Biology**, v. 95, n. 2, p. 315-321, 1987.
- WATSON, Reg A.; COLES, Robert G.; LONG, WJ Lee. Simulation estimates of annual yield and landed value for commercial penaeid prawns from a tropical seagrass habitat, northern Queensland, Australia. **Marine and Freshwater Research**, v. 44, n. 1, p. 211-219, 1993.
- WAYCOTT, Michelle *et al.* Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 106, n. 30, p. 12377-12381, 2009.
- WAYCOTT, Michelle *et al.* Seagrass Evolution Ecology and Conservation: A Genetic Perspective. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. M. (eds.). **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 25-50, 2006.
- WEISHAMPEL, John F.; BAGLEY, Dean A.; EHRHART, Llewellyn M. Earlier nesting by loggerhead sea turtles following sea surface warming. **Global Change Biology**, v. 10, n. 8, p. 1424-1427, 2004.
- WERNER, J. C. Importância da interação solo-planta-animal na nutrição de ruminantes. **Curso de atualização em nutrição animal**, v. 1, p. 11-20, 1993.
- WHITE, Thomas CR. The importance of a relative shortage of food in animal ecology. **Oecologia**, v. 33, p. 71-86, 1978.
- WICKS, E. C. *et al.* Effects of sediment organic content and hydrodynamic conditions on the growth and distribution of *Zostera marina*. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, v. 378, p. 71–80, 2009.
- WILLETTE, Demian A. *et al.* Continued expansion of the trans-Atlantic invasive seagrasses *Halophila stipulacea* in the Eastern Caribbean. **Aquatic botany**, v. 112, p. 98-102, 2014.
- WILLETTE, Demian A.; AMBROSE, Richard F. Effects of the invasive seagrass *Halophila stipulacea* on the native seagrass, *Syringodium filiforme*, and associated fish and epibiont communities in the Eastern Caribbean. **Aquatic Botany**, v. 103, p. 74-82, 2012.
- WILLIAMS, Susan L. Disturbance and recovery of a deep-water Caribbean seagrass bed. **Marine ecology progress series**. Oldendorf, v. 42, n. 1, p. 63-71, 1988.
- WILLIAMS, Susan L. Experimental studies of Caribbean seagrass bed development. **Ecological Monographs**, v. 60, n. 4, p. 449-469, 1990.
- WINDER, Thomas L.; NISHIO, John N. Early iron deficiency stress response in leaves of sugar beet. **Plant Physiology**, v. 108, n. 4, p. 1487-1494, 1995.

WINDYASWARI, A. S. *et al.* Phytochemical profile of sea grass extract (*Enhalus acoroides*): A new marine source from Ekas Bay, East Lombok. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 012081.

WORTHY, Graham AJ; WORTHY, Tamara AM. Digestive efficiencies of ex situ and in situ West Indian Manatees (*Trichechus manatus latirostris*). **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 87, n. 1, p. 77-91, 2014.

WU, R. S. S.; CHEUNG, R. Y. H.; SHIN, P. K. S. The ‘Beneficial Uses’ approach in coastal management in Hong Kong: a compromise between rapid urban development and sustainable development. **Ocean & coastal management**, v. 41, n. 1, p. 89-102, 1998.

YORK, Paul H. *et al.* Faunal assemblages of seagrass ecosystems. In: **Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 541 588.

ZAMANI, Neviaty P. *et al.* Concentration of heavy metals on roots, stem and leaves of *Enhalus acoroides*, in Tunda Island, Banten Bay. **Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis**, v. 10, n. 3, p. 769-784, 2018.

ZHANG, Li *et al.* Palmitic acid induces apoptosis in human hepatoma cell line, HepG2 cells. **Zhongguo yi xue ke xue yuan xue bao. Acta Academiae Medicinae Sinicae**, v. 26, n. 6, p. 671-676, 2004.

ZHANG, Ling *et al.* Heavy metal accumulation and ecological risk on four seagrass species in South China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 173, p. 113153, 2021.

ZIEMAN, Joseph C. Methods for the study of the growth and production of turtle grass, *Thalassia testudinum* König. **Aquaculture**, v. 4, p. 139-143, 1974.

ZIMMERMAN, Richard C.; KOHRS, Donald G.; ALBERTE, Randall S. Top-down impact through a bottom-up mechanism: the effect of limpet grazing on growth, productivity and carbon allocation of *Zostera marina* L.(eelgrass). **Oecologia**, v. 107, p. 560-567, 1996.

## APÊNDICE A - ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E QUESTIONÁRIO

Tabela 01- Aspectos socioeconômicos dos entrevistados em Icapuí.

	PARÂMETROS	ENTREVISTADOS (Nº)
<b>Gênero</b>		
Masculino		
Feminino		
Outro		
<b>Idade</b>		
18-20		
21-30		
31-40		
41-50		
51-60		
61-70		
71-80		
<b>Se mora ou não mora em Icapuí</b>		
Sim		
Não		
<b>Tempo que mora em Icapuí</b>		
0-10 anos		
11-20		
21-30		
31-40		
41-50		
51-60		
61-70		
71-80		
<b>Comunidade da qual faz parte (caso more em Icapuí)</b>		
->		
<b>Escolaridade</b>		
Ensino fundamental incompleto		
Ensino fundamental completo		
Ensino médio incompleto		
Ensino médio completo		
Superior incompleto		
Superior completo		
Mestrado/Doutorado		
Outro		
<b>Ocupação mais representativa</b>		
Pescador(a)		
Cultivador(a) de algas		
Taxista/motorista		
Autônomo(a)		
Servidor(a) público(a)		
Estudante		
Dono(a) de casa		
Outro		

## APÊNDICE A - ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E QUESTIONÁRIO

**Questionário 01 – Questionário Comunidade.**

<p>1. Você conhece o capim-agulha? a)sim b)não</p> <p>2. Você reconhece alguma das angiospermas marinhas presente na imagem anexa ao questionário? a)sim b)não Se sim, qual delas? A ( ) B ( ) C ( )</p> <p>3. Quais são os benefícios promovidos pelo capim-agulha?</p> <p>4. Quais os grupos de animais que utilizam as áreas com capim-agulha como local de alimentação, abrigo ou reprodução?</p> <p>5. Qual o principal problema que ocorre nas áreas com capim-agulha?</p> <p>6. Em geral, você notou redução/aumento dos bancos de algas marinhas em Icapuí: a) muito maior b) maior c) mesma quantia d) menor e) muito menor</p> <p>7. Em geral, você notou redução/aumento dos prados de capim-agulha em Icapuí: a) muito maior b) maior c) mesma quantia d) menor e) muito menor</p> <p>8. Você sabia que o peixe-boi-marinho está ameaçado de extinção? a)sim b)não</p> <p>9. O que você faria se em um passeio pela praia encontrasse um animal marinho encalhado com vida?</p> <p>10. Você sabe o que é uma Área de Proteção Ambiental? a)sim b) não</p> <p>11. Qual a importância de uma Área de Proteção Ambiental? <b>Em caso do(a) entrevistado(a) ser pescador(a), peço que responda também as perguntas abaixo:</b></p> <p>12. Técnicas que utiliza para pescar:</p> <p>13. Quais os principais tipos de pescados que você costuma pescar:</p> <p>14. Quais pescados você costumava pescar e, atualmente, não encontra ou possui dificuldade em encontrar:</p> <p>15. Você já viu tartaruga marinha em Icapuí? Se sim, em qual situação (Marque as opções abaixo)? ( ) Nunca vi ( ) Vi tartaruga marinha viva no mar ( ) Vi tartaruga marinha morta no mar ( ) Vi tartaruga marinha encalhada com vida na praia ( ) Vi tartaruga marinha encalhada morta na praia ( ) Vi tartaruga desovando na praia</p> <p>16. Quais os tipos de tartarugas marinhas que ocorrem em Icapuí? (Marque com um X) ( ) Tartaruga-verde ( ) Tartaruga de Pente ( ) Tartaruga Cabeçuda ( ) Tartaruga Oliva ( ) Tartaruga de Couro ( ) Não sei informar</p> <p>17. O que você faz quando durante a pescaria ocorre a captura accidental de tartaruga marinha viva ou morta?</p> <p>18. Em geral, você acha que a quantidade de tartarugas marinhas nos dias de hoje em relação à quando começou a pescar é: a) muito maior b) maior c) mesma quantia d) menor e) muito menor</p> <p>19. Você já viu Peixe-boi-marinho em Icapuí? Se sim, em qual situação (Marque as opções abaixo)? ( ) Nunca vi ( ) Vi peixe-boi-marinho vivo no mar ( ) Vi peixe-boi-marinho morto no mar ( ) Vi peixe-boi-marinho encalhado com vida na praia ( ) Vi peixe-boi-marinho encalhado morto na praia</p> <p>20. Em geral, você acha que a quantidade de peixes-boi-marininhos nos dias de hoje em relação à quando começou a pescar é: a. muito maior b) maior c) mesma quantia d) menor e) muito menor</p>
---

## ANEXO A - AUTORIZAÇÃO SISBIO



**Ministério do Meio Ambiente - MMA**  
**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio**  
**Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO**

### **Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico**

Número: 89408-1	Data da Emissão: 19/06/2023 20:52:56
-----------------	--------------------------------------

#### Dados do titular

Nome: NADIA SILVA DE CARVALHO	CPF:
-------------------------------	------

# SISBIO

#### Observações e ressalvas

1	Este documento não abrange a coleta de vegetais hidróbios, tendo em vista que o Decreto-Lei nº 221/1967 e o Art. 36 da Lei nº 9.605/1998 estabelecem a necessidade de obtenção de autorização para coleta de vegetais hidróbios para fins científicos.
2	O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
3	Esse documento não eximirá o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) da comunidade indígena envolvida, ouvido o órgão indigenista oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; II) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indispensável à segurança nacional; III) da autoridade marítima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; IV) do Departamento Nacional da Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; V) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentre outra
4	Este documento não é válido para: a) coleta ou transporte de espécies que constem nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção; b) recebimento ou envio de material biológico ao exterior; e c) realização de pesquisa em unidade de conservação federal ou em caverna.
5	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
6	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .

#### Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Fora de UC Federal

#### Táxons autorizados

#	Nível taxonômico	Táxon(s)
1	Espécie	Plantae > Magnoliophyta > Liliopsida > Alismatales > Cymodoceaceae > Halodule > Beaudetiae
2	Espécie	Plantae > Magnoliophyta > Liliopsida > Alismatales > Cymodoceaceae > Halodule > Wrightii
3	Espécie	Plantae > Magnoliophyta > Liliopsida > Alismatales > Cymodoceaceae > Halodule > Emarginata
4	Espécie	Plantae > Magnoliophyta > Liliopsida > Alismatales > Hydrocharitaceae > Halophila > Baillonii
5	Espécie	Plantae > Magnoliophyta > Liliopsida > Alismatales > Hydrocharitaceae > Halophila > Decipiens
6	Espécie	Plantae > Magnoliophyta > Liliopsida > Alismatales > Ruppiaceae > Ruppia > Maritima

---

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**ANEXO B - APROVAÇÃO PELA PLATAFORMA BRASIL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ PROPESQ - UFC



Continuação do Parecer: 6.301.304

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FORTALEZA, 14 de Setembro de 2023

---

Assinado por:

**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000  
**Bairro:** Rodolfo Teófilo  
**UF:** CE            **Município:** FORTALEZA  
**Telefone:** (85)3366-8344

**CEP:** 60.430-275

**E-mail:** comepe@ufc.br

## ANEXO C - AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA PELA SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO, TRABALHO, AGRICULTURA, MEIO AMBIENTE E PESCA

### AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES COM FINALIDADE CIENTÍFICA

#### Dados do titular

Nome: Nádia Silva de Carvalho	CPF:
Email:	Telefone:
Programa de Pós-graduação em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade	
Título do Projeto: Análise do conhecimento e da percepção dos turistas e das comunidades tradicionais de Icapuí-Ceará em relação ao ambiente marinho.	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Ceará CNPJ: 07.272.636/0001-31	
Orientadora: Cristina Almeida Rocha Barreira	
Assinatura da Orientadora: 	

#### Equipe

Nome	Função	Nacionalidade
Nádia Silva de Carvalho	Pesquisadora	Brasileira

#### Locais onde as atividades de campo ocorrerão

Município	UF	Descrição do local	Tipo
Icapuí	CE	Área de Proteção Ambiental do Manguezal da Barra Grande e Área de Proteção Ambiental da Praia de Ponta Grossa.	Unidades de Conservação

#### Resumo do Projeto de Pesquisa

A pesquisa de Mestrado visa verificar o conhecimento e a percepção dos turistas e das comunidades tradicionais de Icapuí-Ceará sobre a importância do ambiente marinho, com foco nas angiospermas marinhas (como o capim-agulha), nos bancos naturais de algas marinhas, nas espécies ameaçadas de extinção, como o peixe-boi-marinho e as causas e os efeitos da redução dos prados e dos bancos naturais na região. Desse modo, mensurar o conhecimento torna-se inevitável para impedir o declínio do ambiente marinho, além de fornecer dados para programas de educação ambiental, considerando a valorização do saber popular. Cabe ressaltar ainda que, pouco é conhecido do saber da comunidade local de Icapuí sobre a importância e os serviços ecossistêmicos promovidos pelas angiospermas marinhas, as algas marinhas e as causas e efeitos da redução de suas áreas de ocorrência. Além disso, relacionados à conservação do ambiente marinho, está o envolvimento da sociedade local, visando fornecer informações que permitam à comunidade identificar, conhecer, proteger e conservar a fauna e a flora presente no ambiente marinho. Para além da análise do conhecimento e da percepção dos turistas e das comunidades tradicionais de Icapuí-Ceará em relação ao ambiente marinho, ocorrerá a análise bromatológica da angiospermas marinhas, como o *Halodule wrightii* (caso o *Halodule emarginata*; *Halophila decipiens*; *Halophila baillonii*; *Ruppia marítima* sejam encontrados durante os campos, também deverão ser coletados), estas análises visam aumentar o conhecimento científico sobre essas plantas e ajudar nas medidas de mitigação para a conservação dessas espécies.

## ANEXO C - AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA PELA SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO, TRABALHO, AGRICULTURA, MEIO AMBIENTE E PESCA

### Metodologia de Avaliação das Atividades

A coleta de dados acontecerá com a aplicação de um questionário semiestruturado com moradores da região e outro questionário semiestruturado com turistas realizados em campo. Para ser incluído na pesquisa será obrigatório possuir mais de 18 anos. A participação ocorrerá de forma voluntária, iniciando após a leitura/escuta e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e finalizando após o preenchimento do questionário. Os dados serão analisados com uma abordagem quantitativa, aplicando estatística descritiva por meio de distribuições de frequências (APPOLINÁRIO, 2012), e por meio da técnica de "Cognição Comparada", que promove a integração entre o conhecimento da população e o conhecimento científico por meio da corroboração, complementação ou refutação (MARQUES, 1995; PINHEIRO et al., 2009). A escolha do grupo e do local teve motivação devida: a) a importância sociocultural, econômica, ambiental e ecológica; b) aos impactos ambientais informados na literatura científica, nos quais o ecossistema está submetido, como mudanças climáticas e redução dos prados de angiospermas marinhas. Para que as análises bromatológicas sejam realizadas, será necessária a coleta de angiospermas marinhas. As coletas serão realizadas juntamente a equipe do laboratório de Zoobentos da Universidade Federal do Ceará e após coletadas, as amostras serão congeladas até o início das análises em laboratório. As análises ajudarão nas medidas de mitigação para a conservação dessas espécies.

### Cronograma de atividades

Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
Coletar informações sobre o conhecimento da comunidade pesqueira e turistas sobre o ambiente marinho.	A partir da aprovação do sistema CEP/CONEP	12/2023
Coleta de angiospermas marinhas, com foco no <i>Halodule wrightii</i> (o <i>Halodule emarginata</i> ; <i>Halophila decipiens</i> ; <i>Halophila baillonii</i> ; <i>Ruppia marítima</i> também serão coletados em caso dessas espécies serem encontradas durante os campos) com finalidade científica para análise bromatológica e vegetal. As análises ajudarão nas medidas de mitigação para a conservação dessas espécies.	07/2023	12/2023

Assinatura:

---

**ANEXO C - AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA PELA SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO, TRABALHO, AGRICULTURA, MEIO AMBIENTE E PESCA**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL À REALIZAÇÃO DE PROJETO DE  
PESQUISA**

Declaro, para fins de comprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará-CEP/UFC/PROPESQ, que a Secretaria de Desenvolvimento, Trabalho, Agricultura, Meio Ambiente e Pesca de Icapuí (CE) autoriza a realização da pesquisa intitulada “Análise do conhecimento e da percepção dos turistas e das comunidades tradicionais de Icapuí-Ceará em relação ao ambiente marinho”, a ser realizada pela pesquisadora Nádia Silva de Carvalho.

Fortaleza, 07 de JUNHO de 2023

## ANEXO D - AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA PELA SECRETARIA DE PESQUISA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (SEMA)

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima- SEMA  
Coordenadoria de Biodiversidade - COBIO



### AUTORIZAÇÃO PESQUISA

**Autorização Pesquisa N° 08/2023**

**Validade:** 1 ano

**Processo NUP:** 57001.000422/2023-97

**Unidade de Conservação/Ato de Criação:** APA Berçários da Vida Marinha - Decreto N°34.565, de 01 de março de 2022.

**Empreendimento / atividade:** Análise do conhecimento e da percepção dos turistas e das comunidades tradicionais de Icapuí-Ceará em relação ao ambiente marinho.

**Órgão Licenciador:** Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará - SEMA

**Pesquisador(a):** Nádia Silva de Carvalho

**CPF/CNPJ:**

**Endereço:** APA Berçários da Vida Marinha

A Secretaria do Meio Ambiente - SEMA, com base na Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, regulamentada pelo Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, na Resolução COEMA nº 22, de 03 de dezembro de 2015, alterada pela Resolução COEMA Nº 10 de 01 de setembro de 2016, na Lei Estadual 14.950, de 27 de junho de 2011, no Decreto de Criação da Unidade de Conservação e seguindo as condicionantes listadas neste documento, emite Autorização de Pesquisa intitulada de : Análise do conhecimento e da percepção dos turistas e das comunidades tradicionais de Icapuí-Ceará em relação ao ambiente marinho na APA Berçários da Vida Marinha., com base no Parecer Técnico nº 203/2023 – COBIO/SEMA/APA Berçários da Vida Marinha.

**Condicionantes Gerais:**

1. Esta Autorização Ambiental não dispensa outras Autorizações e Licenças Federais, Estaduais e Municipais, porventura exigíveis no processo de licenciamento;
2. Mediante decisão motivada, a SEMA poderá alterar as recomendações, as medidas de controle e adequação, bem como suspender ou cancelar esta autorização, caso ocorra:
  - a) Violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais;
  - b) Omissão ou falsa descrição de informações relevantes, que subsidiaram a expedição da presente autorização, e;
  - c) Superveniência de graves riscos ambientais e de saúde;
3. A SEMA deverá ser imediatamente comunicada em caso de ocorrência de acidentes que possam afetar a Unidade de Conservação;
4. O não cumprimento das disposições neste documento poderá acarretar seu cancelamento, estando ainda o solicitante sujeito às penalidades previstas na Legislação Ambiental vigente.

**Condicionantes Específicas:**

1. O pesquisador ou profissional responsável fica ciente que esta Autorização abrange apenas a Unidade de Conservação Estadual, sob a gestão desta Secretaria, e não isenta a necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais das outras esferas administrativas, bem como do consentimento dos responsáveis pelas áreas, pública ou privada, onde será realizada a atividade;
2. O pesquisador ou profissional responsável fica ciente que a SEMA, bem como os gestores e as equipes das Unidades de Conservação não se responsabilizarão por danos ou sinistros ocorridos durante a execução da pesquisa;
3. O pesquisador e demais membros da equipe ou acompanhantes da equipe de pesquisa, poderão ser responsabilizados, administrativa, civil e/ou criminalmente, caso haja comprovação de participação por infração ou crime ambiental cometidos;
4. O pesquisador ou profissional responsável fica ciente que ao término da pesquisa deverá ser apresentado relatório final de atividades, conforme orientação da Instrução Normativa SEMA nº02/2021;

## ANEXO D - AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA PELA SECRETARIA DE PESQUISA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (SEMA)

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima- SEMA  
Coordenadoria de Biodiversidade - COBIO



5. O pesquisador ou profissional responsável, titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, fica ciente que, quando da violação do disposto na Instrução Normativa SEMA nº02/2021 ou em legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização suspensa ou revogada pela SEMA e, caso tenha havido coleta, o material deve ser apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor;
6. O pesquisador ou profissional responsável fica ciente que, bem como, a equipe de apoio deverá obedecer às regras e normas definidas na legislação vigente.

Fortaleza-CE, 14 de agosto de 2023.

## ANEXO E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado (a) por Nádia Silva de Carvalho, aluna do Mestrado em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal do Ceará, para participar como voluntário (a) de uma pesquisa. Leia atentamente as informações abaixo e tire suas dúvidas, para que todos os procedimentos possam ser esclarecidos.

A pesquisa com título “*Análise do conhecimento e da percepção dos turistas e das comunidades tradicionais de Icapuí-Ceará em relação ao ambiente marinho.*” tem como objetivo ajudar nas medidas de mitigação para a conservação de espécies. Dessa forma, a sua participação poderá trazer como benefícios mensurar um maior conhecimento sobre o ambiente marinho, considerando a valorização do saber popular.

Para a sua realização, preciso que turistas ou a própria comunidade de Icapuí-Ceará respondam a este questionário, ressaltando-se que a sua colaboração é de caráter voluntário e não implica em remuneração. Lembramos que esta é uma pesquisa voltada ao público com idade igual ou maior que 18 anos. Você poderá a qualquer momento interromper a pesquisa e se for de sua vontade encerrar sua participação.

O questionário possui perguntas simples e deve levar aproximadamente 20 minutos do seu tempo. Os seguintes procedimentos serão respeitados:

1. Seus dados pessoais e outras informações que possam identificar você serão mantidos em segredo;
2. Você está livre para interromper a qualquer momento sua participação na pesquisa sem sofrer qualquer forma de retaliação ou danos;
3. Os resultados gerais da pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos científicos e podem ser publicados em artigos, congressos, em revista científica especializada ou na escrita da dissertação.

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a sua participação na pesquisa entre em contato com a pesquisadora Nádia Silva de Carvalho por meio do telefone (85) 3366-9814 da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade.

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ. Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: (85) 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

Eu \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ anos, CPF: \_\_\_\_\_ declaro que é de livre e espontânea vontade que estou participando da pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. Declaro ainda que minha participação é de caráter voluntário e não serei remunerado.

**Pesquisadora Responsável:** \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Participante:** \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

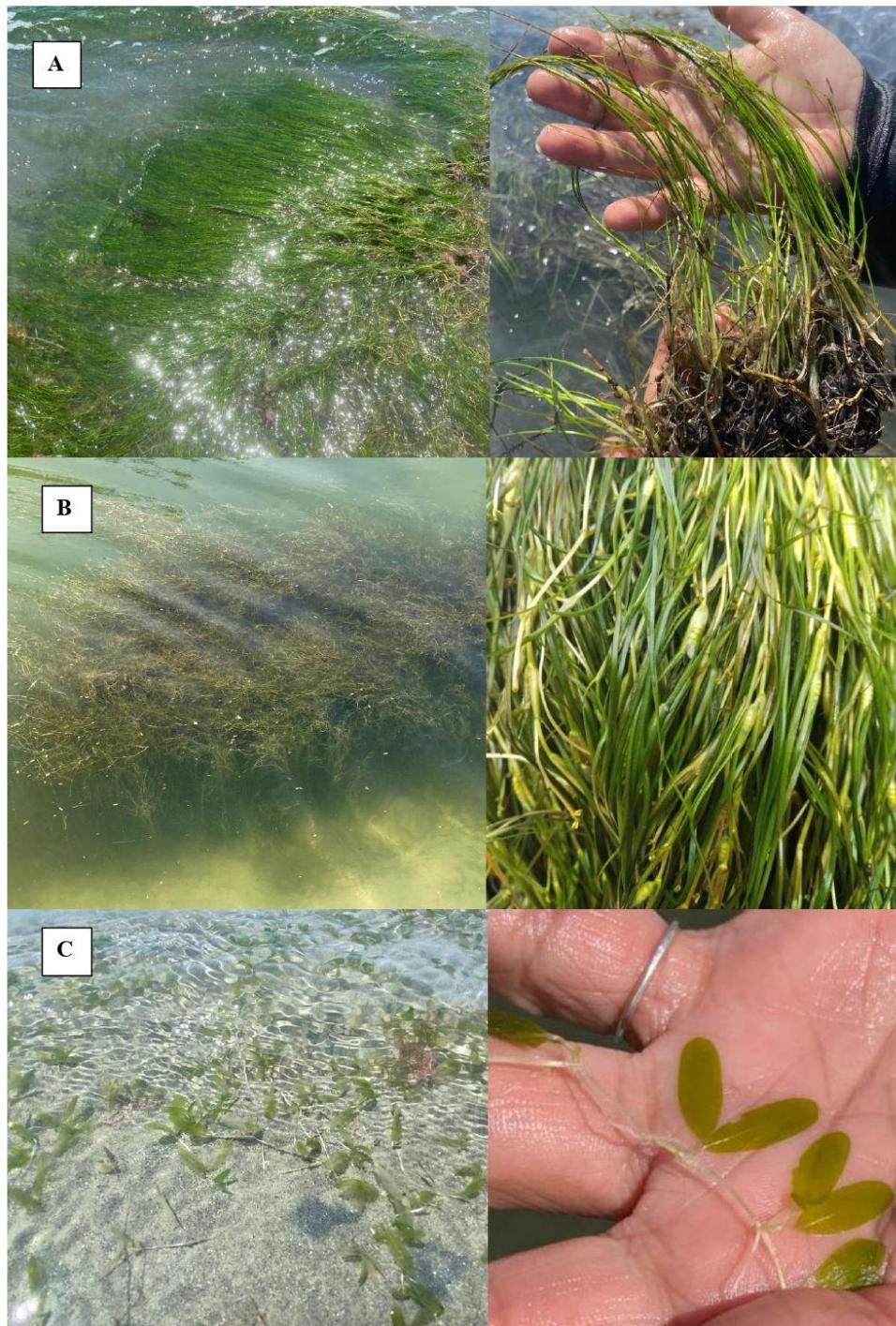
**ANEXO F - FICHA DE CAMPO: IMAGEM REFERENTE À QUESTÃO 02****IMAGEM REFERENTE A QUESTÃO 02**

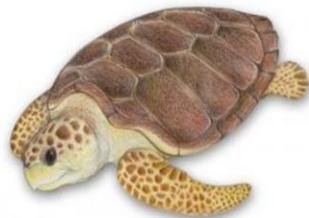
Imagen A-B-C: Nádia Carvalho (2023)

**ANEXO G - FICHA DE CAMPO: IMAGEM REFERENTE À QUESTÃO 16**

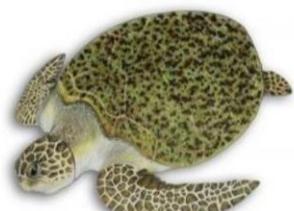
Tartaruga-oliva  
*Lepidochelys olivacea*



Tartaruga-de-pente ou Tartaruga-legitima  
*Eretmochelys imbricata*



Tartaruga-cabeçuda ou Tartaruga-mestiça  
*Caretta caretta*



Tartaruga-verde ou Tartaruga-aruanã  
*Chelonia mydas*



Tartaruga-de-couro ou Tartaruga-gigante  
*Dermochelys coriacea*

Fonte: (tamar.org.br)