



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

FRANCIMEIRE DO NASCIMENTO COSTA

**A HETEROGENEIDADE AMBIENTAL EM ANGIOSPERMAS MARINHAS E OS
EFEITOS SOBRE A VARIAÇÃO ESPACIAL DA MACROFAUNA ASSOCIADA**

FORTALEZA

2016

FRANCIMEIRE DO NASCIMENTO COSTA

A HETEROGENEIDADE AMBIENTAL EM ANGIOSPERMAS MARINHAS E OS EFEITOS
SOBRE A VARIAÇÃO ESPACIAL DA MACROFAUNA ASSOCIADA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ecologia e Recursos Naturais do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de Concentração: Ecologia aquática e Biogeoquímica

Orientadora: Prof. Dr. Cristina de Almeida Rocha Barreira

Coorientadora: Kerishna Vilanova de Souza Barros

FORTALEZA

2016

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

C872h Costa, Francimeire do Nascimento.

A heterogeneidade ambiental em angiospermas marinhas e os efeitos sobre a variação espacial da macrofauna associada / Francimeire do Nascimento Costa. – 2016.
130 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2016.

Orientação: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira.

Coorientação: Profa. Dra. Kcrishna Vilanova de Souza Barros.

1. Diversidade. 2. Macrobentos. 3. Pradaria Marinha. 4. Ubatuba. I. Título.

CDD 577

FRANCIMEIRE DO NASCIMENTO COSTA

A HETEROGENEIDADE AMBIENTAL EM ANGIOSPERMAS MARINHAS E OS EFEITOS
SOBRE A VARIAÇÃO ESPACIAL DA MACROFAUNA ASSOCIADA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ecologia e Recursos Naturais do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de Concentração: Ecologia aquática e Biogeoquímica

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cristina de Almeida Rocha
Barreira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Kcrishna Vilanova de Souza Barros (Coorientadora)
Universidade Coorientador (SIGLA)

Profa. Dra. Helena Mettews Cascon
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Rafaela Camargo Maia
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Aos meus pais, Albertina e Francisco Costa.
Aos pescadores do litoral do Piauí.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela força para realização desse trabalho, em especial nos dias de “chuva”.

À minha família em especial meus pais Francisco Costa e Albertina Costa pelo apoio emocional e logístico durante este trabalho e por toda a minha vida.

Ao meu companheiro Carpegiani Borges pelo apoio emocional e financeiro que possibilitou a realização de todo o curso e as coletas de campo.

As minhas orientadoras em especial Cristina Rocha-Barreira com quem aprendi sobre a vida.

Aos pesquisadores e amigos do Laboratório de Zoobentos do Labomar por todo o ensinamento.

Aos amigos que colaboração com coletas, em especial meu pai que foi o melhor e maior posseiro de campo em todas as coletas.

Aos colaboradores de triagem em especial aos queridos Camila Dourado, Lara Alcântara, Lucas Brito e Marina Silva.

Aos amigos que colaboraram na identificação da fauna Elano Silva, Ítala Alves, Wilson Franklin Jr. e Alexander Ferreira.

Ao biólogo Pedro Carneiro pela colaboração com a identificação das algas marinhas.

À bióloga e irmã Liana Queiroz por todos os ensinamentos em especial pela disposição para auxiliar em todas as análises estatísticas realizada nessa pesquisa.

À Magaline Girão e Jadson Lima pelo apoio emocional na reta final, pelos compartilhamentos dos seus conhecimentos e pela elaboração dos mapas.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica – LOG pela a infraestrutura e ensinamento, em especial a Mônica Castelo Branco, Cida Silva, Cibele Lemos.

As amigas Cristiane Brandão, Francilene Silva, Cássia de Fátima e Cláudia Luciano por todo o esforço e colaboração para viabilizar meu processo de mestrado, muito obrigada.

À “Galera do Mar” em especial Alisson Feijão e Ravena Alves.

As professoras que participaram da banca examinadora prof^a Dr^a. Helena Matthews Cascon, prof^a Dr^a. Rafaela Maia e Dr^a. Cristiane Xeres (suplente) muito obrigada pela colaboração e correções sugeridas.

Aos contribuintes através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, cujo impostos financiaram minha bolsa de estudos. Muito obrigada!

“O conhecimento serve para encantar as pessoas,
não para humilhá-las.”

(Mário Sérgio Cortella)

RESUMO

O estudo da heterogeneidade ambiental busca estabelecer padrões na distribuição e diversidade das espécies com base nas características ambientais biológicas e abióticas. Tais estudos são sustentados pela hipótese da heterogeneidade de habitat, que assume que ambientes mais heterogêneos são mais diversos e abrigam maiores números de espécies. O objetivo deste estudo foi avaliar a heterogeneidade espacial em uma pradaria de angiospermas marinhas e seus efeitos sobre a diversidade do macrobentos associado, em uma planície de maré do Complexo Estuarino Timonha-Ubatuba, Piauí. Para isso, foram demarcadas três subáreas: A (jusante), B (central) e C (montante), seguindo um gradiente ambiental horizontal da foz em direção a região superior do estuário. Em cada subárea em um gradiente ambiental vertical do tempo de exposição ao ar (praia em direção ao leito do rio), foram instalados três transectos com 30m de comprimento, paralelos a linha d'água, onde foram realizadas duas amostragens, uma no período seco (novembro de 2014) e outra no chuvoso (abril de 2015). Em cada amostragem, em seis pontos previamente sorteados, foram coletados dados ambientais (temperatura do solo, salinidade e amostras de sedimento) e amostras biológicas para a quantificação do percentual de cobertura, altura do dossel, morfometria, densidade e biomassa das plantas, além de amostras da macrofauna associada. Dados de precipitação pluviométrica, temperatura do ar, insolação e velocidade dos ventos foram adquiridos na base de dados do INMET para a região. As angiospermas e as macroalgas foram separadas e identificadas. Das plantas, foram obtidos dados morfométricos, densidade ($hastes \cdot m^{-2}$) e biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$). E da fauna foram determinados descritores da comunidade (S - número de espécies, N - número de indivíduos, d – Riqueza de Margalef, J' - Equitabilidade de Pielou e H' – Diversidade de Shannon). Foram determinados a granulometria e percentuais de matéria orgânica e carbonatos do sedimento. Análises estatísticas multivariadas foram empregadas para caracterizar as subáreas, transectos e períodos do estudo. A influência dos fatores ambientais sobre as variações das angiospermas marinhas foi analisada através do BIOENV. Para descrever a heterogeneidade ambiental foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis da pradaria e foram correlacionadas pelo teste de Spearman com os descritores ecológicos da macrofauna associada. A pradaria foi considerada multiespecífica por ser constituída pelas angiospermas *Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei*, *Halophila baillonis* e *Halophila decipiens*, onde apenas *H. wrightii* apresentou variância significativa na análise do percentual de cobertura, densidade, biomassa e caracteres morfológicos das plantas, em função do período climático. A heterogeneidade do ambiental na pradaria foi determinada

principalmente pela densidade e biomassa, evidenciando um gradiente horizontal na distribuição da macrofauna. Os moluscos foram os organismos mais frequentes em todas as subáreas, representando 77,66% do total de indivíduos e 48 espécies. Os crustáceos foram representados por 16 espécies e os poliquetas por 25 espécies e estes dois grupos representam 13,37% e 8,97% do total de indivíduos amostrados, respectivamente a hipótese da heterogeneidade ambiental foi confirmada pelos descritores da comunidade da fauna em relação as diferentes subáreas da pradaria.

Palavras-chave: Diversidade. Macrobentos. Pradaria Marinha. Ubatuba.

ABSTRACT

The study of environmental heterogeneity seeks to establish standards in the distribution and diversity of species based on biological and abiotic environmental characteristics. These studies are supported by the hypothesis of habitat heterogeneity, which assumes that most heterogeneous environments are more diverse and home to the largest number of species. The objective of this study was to evaluate the spatial heterogeneity in a meadow of seagrasses and their effects on the diversity of macrobenthos associated, in a tidal flat of Estuarine Complex Timonha-Ubatuba, State of Piauí. For this, they were marked three subareas A (downstream), B (middle) and C (upstream), following a horizontal environmental gradient from the mouth towards the upper estuary. In each area, in an environmental vertical gradient of air exposure time (beach towards the riverbed) were installed three transects with 30m in length parallel to the waterline, where two samples were taken, one in the dry season (November 2014) and another in the rainy season (April 2015). In each sampling, six previously drawn points were collected environmental data (soil temperature, salinity and sediment samples) and biological samples to quantify the percentage of cover, height of the canopy, morphometry of plants, density and biomass, as well as samples of macrofauna associated. rainfall data, air temperature, insolation and wind speed of obtained in INMET database for the region. Angiosperms and macroalgae were separated and identified. The plants were obtained morphometric data, density ($hastes \cdot m^{-2}$) and biomass ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$). And the fauna were determined as descriptors of the community (S - number of species, N - number of individuals, d - Margalef Wealth, J' - Pielou Equitability and H' - Shannon Diversity). Soil granulometry and percentage of organic matter and sediment carbonates. Multivariate statistical analyzes were employed to characterize the sub-areas, transects and study periods. The influence of environmental factors on changes in seagrass was analyzed by BIOENV. To describe the environmental heterogeneity were done we carried out a major component analysis (PCA) of prairie and variables were correlated using Spearman's test with the ecological descriptors associated macrofauna. The meadow was multi-species consist of the angiosperms *Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei*, *Halophila baillonis* and *Halophila decipiens*, where only *H. wrightii* showed significant variance in the analysis of the percentage of coverage, density, biomass and morphological characters of plants, according to the period climate. The heterogeneity of the environment on the meadow was mainly determined by the density and biomass and showing a horizontal gradient in the distribution of macrofauna. The molluscs were the most common organisms in all subareas, representing 77.66% of individuals

and 48 species. Crustaceans are represented by 16 species and polychaetes 25 species and these two groups representing 13.37% and 8.97% of individuals sampled, respectively the hypothesis of environmental heterogeneity was confirmed by the fauna of community descriptors in relation to different sub-areas of the meadow.

Keywords: Diversity. Macrobenthos. Marine Meadow. Ubatuba.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização da área de estudo, foz dos rios Timonha e Ubatuba, na divisa do Ceará e Piauí, Nordeste do Brasil.	28
Figura 2	– Localização da área de estudo. Foz dos rios Timonha e Ubatuba na divisa dos estados do Piauí e Ceará, Nordeste- Brasil.	48
Figura 3	– Desenho amostral mostrando as três subáreas e seus respectivos transectos, dentro do prado localizado na margem esquerda do Complexo Estuarino Timonha-Ubatuba, município de Cajueiro da Praia, Piauí.	50
Figura 4	– Ordenação por escalonamento multidimensional (MDS) das características abióticas por período (S-seco, C- chuvoso), subáreas (A, B, C) e transectos (1, 2, 3) de uma pradaria no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí. Medida da distância Euclidiana, com valores transformados em $\log(x+1)$	55
Figura 5	– Análise de agrupamento (Cluster) por período (S-seco, C- chuvoso), subáreas (A, B, C) e transectos (1, 2, 3) das amostras abióticas da pradaria no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí. Medida da distância Euclidiana, com valores transformados em $\log(x+1)$. Retângulo azul indica o agrupamento do período chuvoso e o retângulo vermelho de seco.	56
Figura 6	– Gráficos comparativos das variâncias de <i>H. wirghtii</i> para percentual de cobertura e densidade ($hastes \cdot m^{-2}$) de brotos/hastes comparando períodos, subáreas e transecto. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	57
Figura 7	– Gráficos comparativos das variâncias de morfometria foliar de <i>H. wirghtii</i> entre períodos, áreas e transectos. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	59
Figura 8	– Gráficos comparativos das variâncias de biomassa aérea, subterrânea e total (aérea mais subterrânea) comparativas entres períodos (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) transectos (1, 2 e 3) de <i>H. wrightii</i> . Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	60
Figura 9	– Gráficos comparativos das variâncias <i>H. beaudettei</i> para percentual de cobertura e densidade ($hastes \cdot m^{-2}$), por período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	62

Figura 10 – Gráficos comparativos das variâncias <i>H. beaudettei</i> para características da folha por período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	63
Figura 11 – Gráficos comparativos das variâncias <i>H. beaudettei</i> para biomassa aérea, subterrânea e total entre período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	64
Figura 12 – Gráficos comparativos das variâncias <i>Ha. baillonis</i> para percentual de cobertura, densidade ($ind \cdot m^{-2}$) e morfologia foliar entre período (seco e chuvoso). Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	65
Figura 13 – Gráficos comparativos das variâncias <i>Ha. baillonis</i> para biomassa aérea, subterrânea e total entre período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	66
Figura 14 – Análise de agrupamento das amostras por período (S - seco, C - chuvoso), áreas (A, B, C) e transectos (1, 2, 3) com base nas variáveis biológicas obtidas ao longo do estudo, utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	67
Figura 15 – Ordenamento por Escalonamento multidimensional (MDS) de todos os dados abióticos, amostrados no período seco e chuvoso, nas áreas A, B e C, e nos transectos 1, 2 e 3. Com as variáveis biológicas obtidas ao longo do estudo, utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.	68
Figura 16 – Localização da área de estudo. Foz dos rios Timonha e Ubatuba na divisa dos estados do Piauí e Ceará, Nordeste, Brasil. A – Subárea a jusante; B – Subárea central e C – Subárea a montante.	82
Figura 17 – Gráficos comparativos da variância da média de altura do dossel (a) e percentual de cobertura (b) no gradiente horizontal (subárea A, B e C) de uma pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. a – Altura média do dossel por subárea; b – Cobertura média (%) por subárea. Fonte: Autora (2016).	87

- Figura 18 – Gráficos comparativos da variância da média de biomassa total (a) e densidade (b) no gradiente horizontal (subárea A, B e C) de uma pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. a – Altura média do dossel por subárea; b – Cobertura média (%) por subárea. 88
- Figura 19 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot cot \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo ao longo do gradiente horizontal (subárea A, B e C) de uma pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. 89
- Figura 20 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot cot \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo na subárea A, em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. 90
- Figura 21 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot cot \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo na subárea B, em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. 91
- Figura 22 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot cot \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo na subárea C, em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. 92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Estatística descritiva de todas as variáveis abióticas analisadas na pradaria multiespecífica em novembro de 2014 e abril de 2015 no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil.	53
Tabela 2	– Análise não paramétrica (Mann-Whitney, $p < 0,005$) dos fatores abióticos nos períodos seco e chuvoso em novembro de 2014 e abril de 2015 no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil.	54
Tabela 3	– Análise não paramétrica (Mann-Whitney, $p < 0,005$) dos fatores bióticos nos períodos seco e chuvoso em novembro de 2014 e abril de 2015 no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil. Apenas a espécie e variável que apresenta significância foram ilustradas na tabela.	56
Tabela 4	– Correlação entre as variáveis abióticas e a características das angiospermas marinhas, através da análise de BIOENV, do conjunto de dados obtidos em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil.	68
Tabela 5	– Lista das espécies de moluscos, crustáceos e poliquetas coletados em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.	94
Tabela 6	– Descritores da comunidade bentônica (moluscos, crustáceos e poliquetas) amostrados em três subáreas (A, B e C) em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. S - número de espécies, N - número de indivíduos, d – Riqueza de Margalef, J' - Equitabilidade de Pielou e H' – Diversidade de Shannon.	100
Tabela 7	– Análise descritiva (média e desvio padrão-DP) e de variância Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) para os descritores da comunidade da macrofauna associada a angiospermas marinhas na pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.	100
Tabela 8	– Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre o número de espécies (S) e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.	101
Tabela 9	– Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre número de indivíduos (N) e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.	101

Tabela 10 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre índice de riqueza de Margalef (d) e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.	101
Tabela 11 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre equitabilidade (J') e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.	102
Tabela 12 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre índice de diversidade de Shannon (H') e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.	102

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	17
2	LEVANTAMENTO FLORÍSTICO EM UM PRADO MULTIESPECÍ- FICO DE ANGIOSPERMAS MARINHAS DO LITORAL PIAUIENSE, NORDESTE DO BRASIL	25
3	VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DE ANGIOSPERMAS MARINHAS EM ESTUÁRIO SEMIÁRIDO NO NORDESTE DO BRASIL	46
4	EFEITO DA HETEROGENEIDADE DE HABITAT SOBRE A MACRO- FAUNA ASSOCIADA ÀS ANGIOSPERMAS MARINHAS EM UM ES- TUÁRIO DA COSTA SEMIÁRIDA DO BRASIL	79
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
	REFERÊNCIAS	112
	APÊNDICE A – ILUSTRAÇÃO DAS ESPÉCIES DE ANGIOSPERMAS MARINHAS IDENTIFICADAS NUMA PRADARIA.	124
	APÊNDICE B – CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO POR MÉTODO DE PENEIRAMENTO.	126

1 INTRODUÇÃO GERAL

Heterogeneidade Ambiental

Na ecologia, os estudos sobre a heterogeneidade ambiental, promovida pelas variáveis bióticas e abióticas ou por ação de distúrbios naturais e antrópicos, são utilizados para explicar padrões na distribuição de espécies (SIMPSON; SUTHERLAND; BLACKWELL, 1949; TEWS et al., 2004). A hipótese da heterogeneidade ambiental/habitat admite que ambientes estruturalmente complexos, ou seja, mais heterogêneos abrigam uma maior diversidade de espécies, pois fornecem maior variedade de nichos e formas de exploração dos recursos ambientais disponíveis (SIMPSON; SUTHERLAND; BLACKWELL, 1949; MACARTHUR; MACARTHUR, 1961; MACARTIUR; WILSON, 1967; LACK, 1969; BAZZAZ, 1975; TEWS et al., 2004).

As características ambientais são importantes fatores no estabelecimento das espécies vegetais e animais em um dado local e, na maioria dos habitats, a complexidade da comunidade biológica é definida pela vegetação, que pode exercer influência significativa sobre a distribuição e interações dentre as demais espécies (MACARTHUR; MACARTHUR, 1961; LAWTON, 1983; TEWS et al., 2004). Assim, a heterogeneidade de habitat pode ser utilizada para determinar a diversidade de espécies em uma comunidade, uma vez que quando ela aumenta um maior número de diferentes grupos podem coexistir, em decorrência do aumento na disponibilidade de recursos ou pela utilização de diferentes compartimentos de um mesmo recurso (FRASER, 1998).

Os estudos baseados na heterogeneidade do ambiente avaliam seus efeitos em função dos fatores abióticos sobre as espécies vegetais (TEWS et al., 2004; TEIXEIRA; ASSIS, 2009; MAGALHÃES, 2011). São bastante comuns os estudos que observam o efeito das diferenças na estrutura da vegetação sobre os diversos grupos de invertebrados associados (CORBISIER, 1994; ALVES; ARAÚJO, 1999; DURÃES; MARTINS; MELLOS, 2005; GONZÁLEZ-MEGÍAS; GÓMEZ; SÁNCHEZ-PIÑERO, 2007) e assembleias de vertebrados, como aves (MACARTHUR; MACARTHUR, 1961) e pequenos mamíferos (PAGLIA et al., 1995).

MacArthur e MacArthur (1961) analisaram diferentes fatores da complexidade estrutural de um habitat vegetado, relacionando-os com o aumento na diversidade de aves. Considerando áreas em diferentes estágios sucessionais, Bazzaz (1975) descreveu uma maior diversidade de espécies em comunidades com maior heterogeneidade vertical e horizontal.

González-Megías, Gómez e Sánchez-Piñero (2007) encontraram relações significativas entre diferentes descritores de assembleias de artrópodes e vários descritores da heterogeneidade de habitats. Outros estudos encontraram relação positiva entre o aumento da complexidade estrutural e a diversidade de espécies, o que é esperado, pois ambientes mais heterogêneos promovem um maior número de recursos e condições, conseqüentemente aumentam a diversidade de espécies (MACARTHUR; MACARTHUR, 1961; BAZZAZ, 1975).

Embora estudos tenham validado a hipótese da heterogeneidade de habitat, Lassau e Hochuli (2004) demonstraram uma maior diversidade em ambientes de menor complexidade. Atauri e Lucio (2001), em estudo com quatro diferentes táxons de vertebrados, e Tews et al. (2004), em uma meta-análise, argumentaram que o aumento da diversidade observado pela maioria dos estudos não é dependente apenas do aumento na heterogeneidade, mas que, diferentes táxons podem apresentar uma resposta positiva ou negativa quando relacionados a determinadas variáveis da heterogeneidade ambiental.

Heterogeneidade em prados de angiospermas marinhas

Angiospermas marinhas são plantas de hábito submerso, adaptadas a condições salinas que ocorrem em ambiente marinho, estuarino e lagunar (HEMMINGA; DUARTE, 2000). 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).

As angiospermas marinhas formam extensos “tapetes” vegetais (pradarias), que são considerados 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). Seus caules e folhas constituem substratos para fixação de organismos epifíticos e abrigo para organismos móveis, o que garante um aumento na complexidade da teia trófica e da produtividade no ambiente (SHORT et al., 2007). Além disso, atuam na diminuição da erosão, aumentam a deposição de sedimento e a ciclagem de nutrientes (COSTANZA et al., 1997; SHORT et al., 2007).

A dinâmica estuarina contribui para grandes variações nas pradarias de angiospermas. Nesses ambientes, podem ocorrer desaparecimentos temporários e alterações interanuais ou

interdecadais (SHORT et al., 2006b). Além disso, as angiospermas marinhas podem apresentar diferenças morfológicas entre pradarias ou dentro de uma mesma população (CREED, 1997).

As variações sazonais nas pradarias ocorrem por efeito de variáveis ambientais relacionadas às mudanças de estações do ano, como por exemplo, 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, 2007; COLLIER et al., 2014). Contudo, mudanças na distribuição ocorrem em pequena escala no tempo e espaço, já que estas plantas também respondem às mudanças locais (SHORT et al., 2007). As variações sazonais influenciam o tamanho e a densidade dos prados, valores de biomassa e fauna associada (BARROS; JARDIM; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2014), refletindo sobre a riqueza e abundância da macrofauna bentônica (CASARES; CREED, 2008; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2009; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013).

Diversos estudos descrevem maiores abundância, riqueza e/ou diversidade faunística em pradarias de angiospermas marinhas, quando comparados a ambientes costeiros não vegetados. Corbisier (1994) descreveu maior abundância e diversidade em ambientes vegetados por *H. wrightii* em relação a bancos arenosos sem vegetação no litoral de São Paulo. ALVES e ARAÚJO (1999) observaram uma correlação positiva entre a abundância do molusco *Tricolia affinis* ao aumento da densidade de *H. wrightii* na Ilha de Itamaracá, Pernambuco. Barros e ROCHA-BARREIRA (2013) também correlacionaram as variações espaço-temporais de moluscos associados a variações na biometria e biomassa de *H. wrightii* no Ceará. Omena e Creed (2004) correlacionaram positivamente a abundância de poliquetas à biomassa de *H. wrightii*, ao longo do litoral fluminense. Rosa e Bemvenuti (2007) encontraram maior abundância da macrofauna em áreas vegetadas, mas uma ausência de incremento na diversidade em função do aumento na complexidade de habitat.

Independentemente do seu efeito direto sobre o incremento do macrobentos, a importância das pradarias de angiospermas marinhas para vida costeira e estuarina é enfatizada em diversos estudos. Os prados importantes fontes de alimento, abrigo e proteção para um grande número de espécies da fauna residente e visitante, tanto de invertebrados como de vertebrados, Pereira, Ferreira e Rezende (2010), constituindo a principal fonte de alimento para o peixe-boi marinho, *Trichechus manatus manatus* L., mamífero aquático ameaçado de extinção no Brasil (Idots, ; CHOI et al., 2009), e de aves migratórias (TELINO JÚNIOR; AZEVEDO-JÚNIOR; LYRA-NEVES, 2003), que se alimentam das plantas, algas e dos invertebrados associados às

pradarias.

Hipótese

No Complexo Estuarino Timonha-Ubatuba, a diversidade, riqueza e abundância das espécies da macrofauna associada ao prado é maior em função da maior heterogeneidade de habitat, como resultado do aumento na diversidade e estrutura das plantas.

Objetivos

Objetivos Gerais

O presente estudo tem como objetivo caracterizar a heterogeneidade em um prado multiespecífico ao longo de um gradiente ambiental e observar o efeito desta heterogeneidade sobre o macrobentos associado, numa planície de maré do Complexo Estuarino Timonha-Ubatuba, Piauí - Brasil.

Objetivos Específicos

- Caracterizar as angiospermas marinhas encontradas em uma pradaria no Complexo Estuarino Timonha/Ubatuba, apresentando descrições e ilustrações taxonômicas das espécies, contribuindo para atualização sobre o conhecimento e distribuição da flora de gramas marinhas do Brasil
- Caracterizar a variação espaço-temporal de angiospermas marinhas, considerando variáveis abióticas e características das plantas, em uma pradaria marinha multiespecífica ao longo de um gradiente ambiental no Complexo Estuarino Timonha/Ubatuba
- Avaliar o efeito da heterogeneidade ambiental em uma pradaria multiespecífica ao longo de um gradiente ambiental sobre a macrofauna associada no Complexo Estuarino Timonha/Ubatuba.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. S.; ARAÚJO, M. J. G. Moluscos associados ao fital *Halodule wrightii* Aschers na Ilha de Itamaracá–PE. **Tropical Oceanography**.ISSN: 1679-3013, v. 27, n. 1, 1999.
- ATAURI, J. A.; LUCIO, J. V. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in mediterranean landscapes. **Landscape ecology**, Springer, v. 16, n. 2, p. 147–159, 2001.
- BARROS, K.; JARDIM, J.; ROCHA-BARREIRA, C. 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. Caracterização da dinâmica espaço-temporal da macrofauna bentônica em um banco de *Halodule wrightii* Ascherson (Cymodoceaceae) por meio de estratificação. **Rev. Nord. Zool**, v. 4, n. 1, p. 73–81, 2009.
- BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Responses of the molluscan fauna to environmental variations in a *Halodule wrightii* Ascherson ecosystem from northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 85, n. 4, p. 1397–1410, 2013.
- BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Influence of environmental factors on a *Halodule wrightii* Ascherson meadow in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 18, n. 2, p. 31–41, 2014.
- BAZZAZ, F. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern illinois. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 56, n. 2, p. 485–488, 1975.
- CASARES, F. A.; CREED, J. C. Do small seagrasses enhance density, richness, and diversity of macrofauna? **Journal of Coastal Research**, BioOne, p. 790–797, 2008.
- CHOI, K. F. et al. Desenho da área de refúgio da vida silvestre para preservação do peixe-boi marinho. **Revista brasileira de conservação da natureza**, v. 7, n. 2, p. 82–89, 2009.
- 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.

- CORBISIER, T. N. Macrozoobentos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* Ascherson. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, SciELO Brasil, v. 42, n. 1-2, p. 99–111, 1994.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, Nature publishing group, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.
- CREED, J. C. Morphological variation in the seagrass *Halodule wrightii* near its southern distributional limit. **Aquatic botany**, Elsevier, v. 59, n. 1-2, p. 163–172, 1997.
- CREED, J. C. The of seagrasses of South America: Brazil, Argentina and Chile. In: GREEN, E. P.; SHORT, F. T. (Ed.). **World atlas of seagrasses**. [S.l.]: University of California Press, 2003. p. 243.
- DURÃES, R.; MARTINS, W. P.; MELLO, F. Z. Vaz-de. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) assemblages across a natural forest-cerrado ecotone in Minas Gerais, Brazil. **Neotropical Entomology**, SciELO Brasil, v. 34, n. 5, p. 721–731, 2005.
- FRASER, R. H. Vertebrate species richness at the mesoscale: relative roles of energy and heterogeneity. **Global Ecology & Biogeography Letters**, Wiley Online Library, v. 7, n. 3, p. 215–220, 1998.
- GONZÁLEZ-MEGÍAS, A.; GÓMEZ, J. M.; SÁNCHEZ-PIÑERO, F. Diversity-habitat heterogeneity relationship at different spatial and temporal scales. **Ecography**, Wiley Online Library, v. 30, n. 1, p. 31–41, 2007.
- HEMMINGA, M. A.; DUARTE, C. M. **Seagrass ecology**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2000.
- LACK, D. The numbers of bird species on islands. **Bird study**, Taylor & Francis, v. 16, n. 4, p. 193–209, 1969.
- LASSAU, S. A.; HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, Wiley Online Library, v. 27, n. 2, p. 157–164, 2004.
- LAWTON, J. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual review of entomology**, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 28, n. 1, p. 23–39, 1983.

MACARTHUR, R. H.; MACARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 42, n. 3, p. 594–598, 1961.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of island Biogeography**. [S.l.]: New Jersey: Princeton University Press, 1967.

MAGALHÃES, A. F. **Efeito da Heterogeneidade Ambiental em Populações Naturais de Duas Espécies Arbóreas Congenéricas e suas Implicações para o Manejo e Conservação da Vegetação Ripária**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*): Distribuição de Conservação e Aspectos Tradicionais ao longo do litoral do Brasil. Dissertação (Mestrado).

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

OMENA, E.; CREED, J. C. Polychaete fauna of seagrass beds (*Halodule wrightii* Ascherson) along the coast of Rio de Janeiro (Southeast Brazil). **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 25, n. 4, p. 273–288, 2004.

PAGLIA, A. P. et al. Heterogeneidade estrutural e diversidade de pequenos mamíferos em um fragmento de mata secundária de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Directory of Open Access Journals, v. 12, n. 1, p. 67–79, 1995.

PEREIRA, P. H. C.; FERREIRA, B. P.; REZENDE, S. M. Community structure of the ichthyofauna associated with seagrass beds (*Halodule wrightii*) in Formoso River estuary-Pernambuco, Brazil. **Anais da academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 82, n. 3, p. 617–628, 2010.

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

ROSA, L. C.; BEMVENUTI, C. E. Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do habitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. 2007.

SHORT, F. et al. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Elsevier, 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. Seagrassnet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 27, n. 4, p. 277–289, 2006.

SIMPSON, E. H.; SUTHERLAND, G.; BLACKWELL, D. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688, 1949.

TEIXEIRA, A. d. P.; ASSIS, M. A. Relação entre heterogeneidade ambiental e distribuição de espécies em uma floresta paludosa no município de Cristais Paulista, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, SciELO Brasil, p. 843–853, 2009.

TELINO JÚNIOR, W. R.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LYRA-NEVES, R. M. Censo de aves migratórias (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na Coroa do Avião, Igarassu, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 451–456, 2003.

TEWS, J. et al. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of biogeography**, Wiley Online Library, v. 31, n. 1, p. 79–92, 2004.

2 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO EM UM PRADO MULTIESPECÍFICO DE ANGIOSPERMAS MARINHAS DO LITORAL PIAUIENSE, NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Este estudo compreende o levantamento taxonômico de angiospermas marinhas ocorrentes no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, estado do Piauí, Brasil. Foram registradas quatro espécies de angiospermas marinhas na foz dos rios Timonha e Ubatuba: *Halodule beaudettei* den Hartog, *Halodule wrightii* Asch, *Halophila baillonis* Asch e *Halophila decipiens* Ostenf, em uma única pradaria multiespecífica. Chave de identificação para gêneros e espécies, com descrições e ilustrações taxonômicas são apresentadas, contribuindo assim, para a atualização do conhecimento sobre a flora de gramas marinhas do Brasil e sua atual distribuição.

Palavras-chave: Grama Marinha. Cymodoceaceae. Hydrocharitaceae.

Introdução

As angiospermas marinhas são plantas aquáticas de hábito submerso, adaptadas a condições salinas que ocorrem em ambiente marinho, estuarino e lagunar (HEMMINGA; DUARTE, 2000), com cerca de 60 espécies, que apresentam ampla distribuição global nas costas temperadas e tropicais (SHORT et al., 2007). Conhecidas como gramas marinhas, são compostas por um sistema radicular e rizomático subterrâneo e folhas que formam extensos “tapetes” vegetados, as pradarias, que são principalmente monoespecíficas, com reprodução sexuada e crescimento clonal (SPALDING et al., 2003), embora possam ocorrer pradarias multiespecíficas em regiões tropicais e subtropicais (DUARTE, 2011).

As gramas marinhas desempenham importantes serviços ecossistêmicos, atuam na diminuição da erosão, fazem retenção de sedimento e participam da ciclagem de nutrientes (COSTANZA et al., 1997; ORTH et al., 2006; SHORT et al., 2007). No ciclo global do carbono, sua contribuição é estimada em cerca de 12% de estocagem de carbono dos oceanos (DUARTE, 2011).

Porém, diversos estudos recentes têm indicado que esses ambientes estão em crescente declínio, com perdas na cobertura vegetal e desaparecimentos pontuais de populações

inteiras (WAYCOTT et al., 2009; DUARTE, 2011; CUNHA; ASSIS; SERRÃO, 2014). A redução das áreas de pradarias, em consequência de impactos antrópicos ou naturais, resulta na perda dos serviços ecossistêmicos, da biodiversidade associada e, também, em possíveis perdas econômicas para comunidades pesqueiras (COLLIER et al., 2014; SHORT et al., 2011; CUNHA; ASSIS; SERRÃO, 2014).

No Brasil, existem três gêneros de angiospermas marinhas, *Halodule*, da família Cymodoceaceae; *Halophila*, pertencente à família Hydrocharitaceae; e *Ruppia*, da família Ruppiaaceae (OLIVEIRA FILHO et al., 1983; CREED, 2003; BARROS; ALMEIDA; MAGALHAES, 2014; MARQUES; CREED, 2008). Atualmente, é conhecida a ocorrência de seis espécies ao longo do litoral brasileiro, são elas *Halodule beaudettei* den Hartog, *Halodule emarginata* den Hartog, *Halodule wrightii* Aschers, *Halophila baillonii* Ascherson ex Dickie, *Halophila decipiens* Ostenfeld e *Ruppia maritima* L., todas ocorrentes na região nordeste do país (OLIVEIRA FILHO et al., 1983; BARROS; ROCHA-BARREIRA; MAGALHÃES, 2016; MAGALHÃES; BARROS, *submit.*).

Estudos taxonômicos no Brasil concentram-se nas décadas de 1970 e 1980, com importante colaboração de Den Hartog (1970) e Oliveira Filho et al. (1983), que descreveram as espécies de angiospermas marinhas ao longo da costa brasileira, bem como Cafruni, Krieger e Seeliger (1978), que descreveram *Ruppia maritima* na Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul. Lipkin (1980) e Den Hartog (1970) sugeriram novas espécies do gênero *Halodule*, *H. brasiliensis* e *H. emarginata*, respectivamente. *H. brasiliensis* foram posteriormente classificada por Oliveira Filho et al. (1983) como *H. wrightii*. Mais recentemente, Barros, Costa e Rocha-Barreira (2014) e Magalhães, Borges e Pitanga (2015) descreveram *Ha. baillonis* em novas áreas de ocorrência no Nordeste brasileiro. Os demais estudos investigaram variações foliares e de biomassa, normalmente de uma única espécie, sendo as mais estudadas *H. wrightii* e *R. maritima* (OLIVEIRA et al., 1997; MAGALHÃES; ESKINAZI-LEÇA; JUNIOR, 1997; CREED, 1997; CREED, 1999; CREED; MONTEIRO et al., 2000; MAGALHÃES et al., 2003; CREED, 2000; MARQUES; CREED, 2008; SORDO et al., 2011; SILVA; ASMUS, 2001; COLARES; SEELIGER et al., 2006) e a importância deste ambiente para a fauna associada (CORBISIER, 1994; CREED; FILHO, 1999; GARCIA et al., 1996; OMENA; CREED, 2004; BARROS; JARDIM; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2009; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013; CASARES; CREED, 2008; COELHO, 1965; CREED, 2000; BEMVENUTI, 2005; BARROS et al., 2014).

Embora seja crescente o número de estudos sobre angiospermas marinhas no litoral brasileiro, estima-se que sua real distribuição e status estejam subestimados (COPERTINO et al., 2015), o que implica na ausência de medidas mitigadoras de impactos que garantam a preservação destes ambientes. A grande plasticidade fenotípica das espécies de angiospermas marinhas (PHILLIPS, 1967; OLIVEIRA FILHO et al., 1983; EISEMAN, 1980) necessita de mais investigações taxonômicas e populacionais para um maior conhecimento de suas variedades ou morfotipos de uma mesma espécie.

Este trabalho apresenta uma chave de identificação dos gêneros e espécies de angiospermas marinhas ocorrentes no Sistema Estuarino Timonha e Ubatuba, com descrições e ilustrações taxonômicas. O presente estudo vem contribuir para atualização sobre o conhecimento e distribuição da flora de gramas marinhas do Brasil. Com a inclusão das descrições de *Ha. baillonis*, antes considerada possivelmente extinta na costa brasileira (MARQUES; CREED, 2008), e *H. beaudettei*, recentemente identificada para costa brasileira por Magalhães e Barros (*submit.*).

Materiais e Métodos

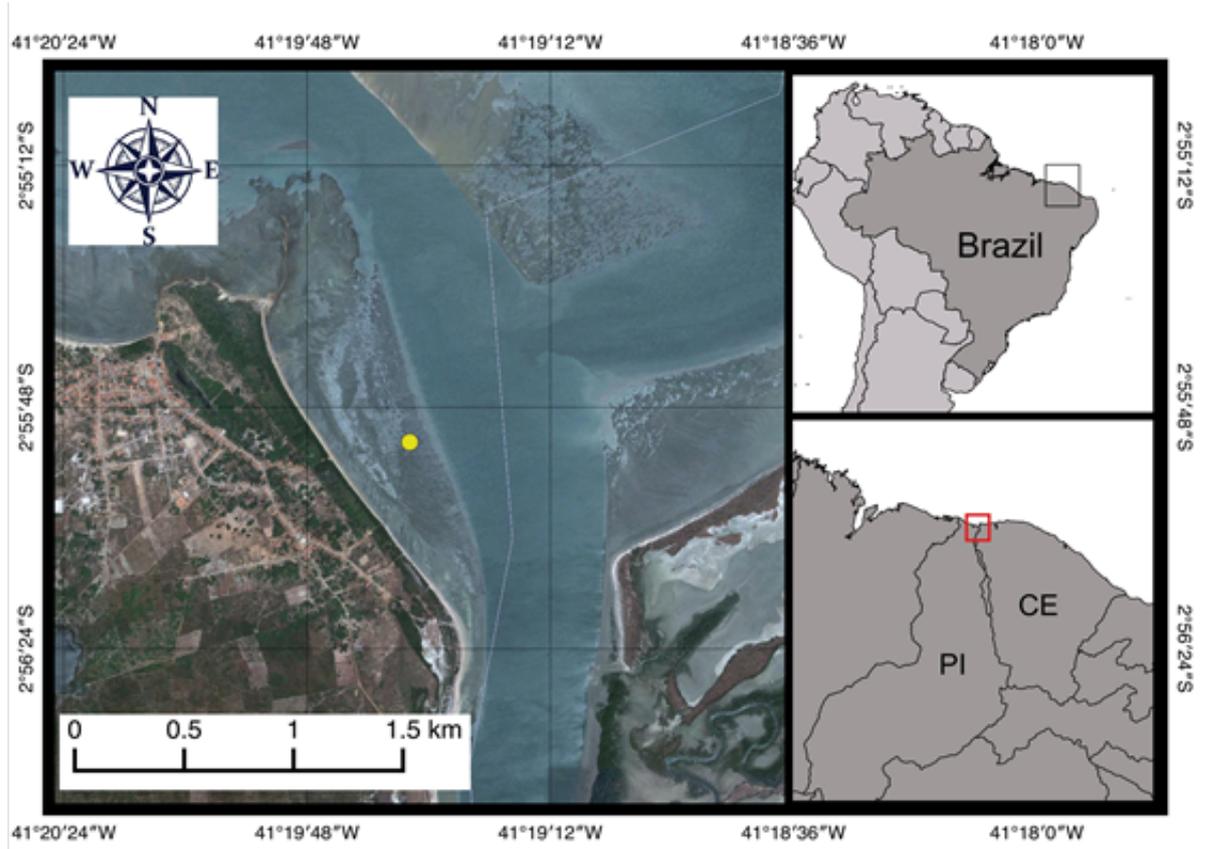
A área com cerca de 1,5 km de extensão, localiza-se na foz dos rios Timonha e Ubatuba na divisa dos estados do Ceará e Piauí (Fig 1). Estes rios formam um complexo estuarino com uma única foz (NASCIMENTO; SASSI, 2009), que faz parte da Área de Proteção Ambiental - APA do Delta do Rio Parnaíba, que ocupa áreas dos estados do Ceará, Piauí e Maranhão (BRASIL, 1996).

O clima na região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Aw – tropical megatérmico, com chuvas de verão (SANTOS-FILHO et al., 2010), predominantemente semiárido, com temperatura do ar média de 28°C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.300 mm, sendo que o período chuvoso ocorre entre janeiro e junho, e o de estiagem, entre julho e dezembro (NASCIMENTO; SASSI, 2009).

Amostragem

As populações estudadas compõem uma pradaria localizada em uma planície de maré na margem do rio Ubatuba, município de Cajueiro da Praia – PI. As amostragens foram realizadas em novembro de 2014 e agosto de 2015 (estação seca) e em janeiro e abril de 2015

Figura 1 – Localização da área de estudo, foz dos rios Timonha e Ubatuba, na divisa do Ceará e Piauí, Nordeste do Brasil.



Fonte: A autora.

(estação chuvosa) totalizando quatro coletas. A pradaria foi dividida em três subáreas: Subárea A ($2^{\circ}55'31.10''S$ $41^{\circ}19'40.00''O$), mais interna da foz; Subárea B ($2^{\circ}55'53.20''S$ $41^{\circ}19'32.80''O$), intermediária/central da pradaria; e Subárea C ($2^{\circ}56'07.80''S$ $41^{\circ}19'27.10''O$), mais externa da foz, para uma amostragem igualmente distribuída na pradaria.

Em cada uma destas subáreas (A, B, C), foram determinados três transectos paralelos ao leito do rio, durante a maré baixa, medindo 30 m de comprimento cada, sendo os transectos I: mais próximos do leito do rio; os transectos II: nas porções intermediárias de cada subárea; e os transectos III: mais superiores e próximos à margem do rio (adaptado de Short et al. (2006b) e Copertino et al. (2015)).

Em todo o estudo, foram coletadas 108 amostras, sendo que para cada amostragem (estações seca e chuvosa), seis amostras foram sorteadas ao longo dos transectos de cada subárea, totalizando 18 amostras em cada subárea e 54 amostras por amostragem.

As espécies vegetais 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,

flores, frutos, sementes, rizoma e raiz). Em cada ramo analisado foram obtidas as medidas de comprimento do ramo (cm), distância entre nós (cm), diâmetro do rizoma (mm), comprimento dos ramos eretos (cm) e comprimento da raiz (cm).

De cada ramo, cinco folhas inteiras foram descritas quanto ao comprimento (cm), largura do ápice e da base (mm), comprimento e largura da bainha (mm) e classificada quanto à forma do ápice (cúspide, bidentada, tridentada). As espécies do gênero *Halophila* tiveram as lâminas foliares medidas também no meio da folha e comprimento do pecíolo (mm).

Para as flores, foram obtidas as medidas de comprimento e largura (mm); e para os frutos e sementes, mediu-se apenas o diâmetro da região central. Quando haviam brácteas envolvendo o fruto, como no caso dos espécimes de *Halophila*, também foram obtidas as medidas de comprimento.

Os espécimes coletados foram herborizados e depositados no Herbário Prisco Bezerra (EAC), da Universidade Federal do Ceará. Dentre estas espécies amostradas *Halophila decipiens* não foi coletada nos transectos, por se encontrar na margem totalmente submersa da pradaria, por isso exemplares de *Ha. decipiens* foram coletados manualmente para a descrição biométrica e taxonômica.

Resultados e Discussão

Foram registradas quatro espécies de angiospermas marinhas no Sistema estuarino Timonha e Ubatuba – PI: *Halodule beaudettei*, *Halodule wrightii*, *Halophila baillonis* e *Halophila decipiens*, em uma única pradaria.

Segundo Duarte (2011), geralmente as pradarias se apresentam em padrão monoespecífico. Entretanto, Magalhães, Borges e Pitanga (2015), que descrevem a co-ocorrência de *H. wrightii*, *Ha. baillonis* e *Ha. decipiens*, em Barra de Mamanguape, Paraíba, costa úmida do Nordeste. A co-ocorrência de *H. beaudettei*, *H. wrightii* e *Ha. baillonis* em uma única pradaria, observada nesse estudo, também foi descrita no Panamá (DEN HARTOG, 1970; VAN TUSSENBROEK et al., 2010).

As quatro espécies descritas nesse trabalho são nativas e não endêmicas do Brasil, e foram descritas quanto aos seus caracteres vegetativos e reprodutivos. Para essa descrição, foram utilizados 29 espécimes de *H. beaudettei*, 89 de *H. wrightii*, 10 de *Ha. baillonis* e 10 de *Ha. decipiens*.

Chave de identificação para gêneros e espécies de angiospermas marinhas ocorrentes no

município de Cajueiro da Praia, Piauí.

1. Erva rizomatosa, dióica, folhas lineares verticiladas, folhas com ápice obtuso, bidentado, tridentado ou emarginado, com bainha invaginante e presença de lígula. Ausência de brácteas envolvendo pecíolo e fruto. Flores compostas por estames semi-sésseis protegidas pela bainha. Fruto monospérmico, ovoide e semente com tegumento negro (*Halodule*).

2. Ápice foliar geralmente cúspido, obtuso, com pequenos dentes laterais, lâmina foliar mais larga que *H. wrightii* **1. *Halodule beaudettei***

2'. Ápice foliar com dentes laterais desenvolvidos, bicúspido, tricúspido ou emarginado e lâmina foliar mais comprida do que larga **2. *Halodule wrightii***

1'. Erva rizomatosa, dióica ou monóica, com folhas elípticas, lanceoladas, oblongas ou ovoides, peninérveas, verticiladas ou opostas, com pecíolo, e margem serrada. Brácteas envolvendo pecíolo e fruto. Flor feminina com ovário contendo vários óvulos, sementes ovoides e flores masculinas com três estames (*Halophila*).

3. Planta dióica, quatro folhas verticiladas, lanceoladas, oblongas ou ovoides, com um ou dois pares de brácteas por ramo ereto **3. *Halophila baillonis***

3'. Planta monóica, folhas com um par de brácteas envolvendo pecíolos e rizoma, duas folhas opostas por nó, pilosa, elíptica ou ovóide **4. *Halophila decipiens***

1. *Halodule beaudettei* den Hartog. Blumea, 12: 303, 1964.

(Apêndice A, Fig. A.1 - A-E)

Erva rizomatosa, ramos analisados com 3- 21 cm compr., verde-verde escuro. Ramos eretos 3-13 cm compr. Rizoma 0,4-1,87 mm diam., marrom. Entrenós 0,13-34,95 mm compr. Raízes 3-16,1 cm compr., marrom. Folhas verticiladas, lâmina foliar 20-340 x 0,16-1,60 mm, linear, glabra, ápice 0,22-1,8 mm de largura, cuspidado, bidentado, tridentado e obtuso, base foliar 0,11-1,32 mm de largura, atenuada, margem lisa. Bainha invaginante 30,6-47 mm compr., marrom claro, lígula presente. Flores masculinas 3-3,76 x 1-1,02 mm, creme, composta apenas por estames e filete curto. Fruto 0,89-2,14 mm diâmetro, monospérmico, ovoide. Sementes 1,44-1,78 mm diam., tegumento na cor negra.

Material examinado: BRASIL, Piauí, Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 04. XI. 2014, fl., fr., F. N. Costa 01 (EAC 58872), Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 19. IV. 2015, fr., F. N. Costa 05

(EAC 58872).

Fenologia: Flores foram observadas em novembro de 2014 e frutificações foram observadas em novembro 2014 e abril 2015, com maior abundância em novembro. Maior número de sementes foi encontrado em abril.

Distribuição Geográfica: Oceano Atlântico, Índico e Pacífico (DEN HARTOG, 1964; EISEMAN, 1980; MAGALHÃES; BARROS, *submit.*).

Comentários: *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), ambientes semelhantes àqueles povoados por *H. wrightii*.

Descrita por den Hartog (1964), pode ter sido equivocadamente descrita como *H. wrightii*, em diversas partes do mundo. Ainda segundo este autor, nas Américas tropicais, *H. beaudettei* foi descrita como várias espécies diferentes, sendo posteriormente agrupadas como variações de *H. wrightii*.

Descrevendo *H. brasiliensis* na costa de Fortaleza (Ceará) (atualmente considerada sinonímia de *H. wrightii* por Oliveira Filho et al. (1983)), Lipkin (1980) relata a similaridades entre os caracteres desta espécie àqueles descritos por den Hartog (1964) para *H. beaudettei*. Oliveira Filho et al. (1983) também afirmam ter descrito exemplares de *H. wrightii* com variações cúspides e tridentadas que recordam alguns morfotipos de *H. beaudettei*, embora os desenhos dos ápices não mostrem ápices tão obtusos quanto aqueles descritos no presente trabalho. Lipkin (1980) explica que a espécie analisada (*H. brasiliensis* naquele momento) não poderia ser *H. beaudettei*, porque até aquele momento, populações típicas de *H. beaudettei* ainda não haviam sido descritas na costa do Brasil ou do Caribe.

A plasticidade morfológica de *Halodule* levou Phillips (1967), Oliveira Filho et al. (1983) e Eiseman (1980), a considerarem possíveis exemplares de *H. beaudettei* como morfotipos de *H. wrightii*. Para Phillips (1967) e Phillips et al. (1974), as variações dos ápices foliares são inadequadas como critério para descrever novas espécies, por considerarem tais diferenças apenas distintos fenótipos de uma mesma espécie. O questionamento taxonômico e descrições equivocadas tornaram *H. beaudettei* pouco estudada e atualmente não é conhecido o seu real status, distribuição e ameaças à espécie em toda sua distribuição (SHORT et al., 2010a; SHORT

et al., 2011). A espécie foi recentemente descrita e confirmada para a costa do nordeste do Brasil por Magalhães e Barros (*submit.*).

O efeito do ambiente sobre a morfologia de plantas aquáticas é bem conhecido e den Hartog (1964) alega que caracteres vegetativos devem ser analisados com o máximo cuidado, devido à plasticidade do gênero e às características de cada ambiente (abrigado ou exposto, com influência de correntes ou calmos, em diferentes profundidades etc.). Porém, os agentes modificadores normalmente têm os mesmos efeitos sobre as espécies com forma de vida e habitats comuns.

Neste estudo, *H. wrightii* e *H. beaudettei* foram observadas e coletadas no mesmo local e foi possível observar in situ diferenças na coloração, no tamanho e largura das folhas, mais largas e claras em *H. beaudettei*, bainha mais larga e com lígula mais visível, além do notável ápice foliar usado por den Hartog (1964) e KUO e HARTOG (2001) para definir a espécie.

A diferença na descrição dos caracteres usada para diferir *H. beaudettei* e *H. wrightii* em especial examinando amostras coletadas em mesma pradaria são importante contribuição para a confirmação da espécie *H. beaudettei* no Brasil e para resolver questões taxonômicas entre estas espécies.

2. *Halodule wrightii* Asch., Sitzungsber. Ges. Naturf. Freun de Berlin. 1868: 19. 1868

(Apêndice A, Fig. A.1 - F-J)

Erva rizomatosa, ramos analisados com 1,6-28 cm compr., verde. Ramos eretos 2-17,8 cm compr., Rizoma 0,22-1,8 mm de diâmetro. Raízes 0,4-17,5 cm compr., marrom. Entrenós 0,7-38,6 mm compr. Folhas verticiladas, lâmina foliar 20-150 x 0,12-0,79 mm., linear, ápice 0,07-1,62 mm de largura, bidentado, tridentado e emarginado, glabro, base 0,09-1 mm de largura, atenuada, margem lisa. Bainha invaginante 0,11-33 mm compr., marrom claro, com lígula. Flores 3-4,70 x 1-1,62 mm, creme, estames envolvidos por bainhas e folhas. Fruto 0,30-2 mm diâmetro, monospermico, ovoide, marrom-claro, estilo persistente. Sementes 1,05-2,1 mm diâmetro, ovoide, com tegumento negro.

Material examinado: BRASIL, Piauí, Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 04. XI. 2014, fl., fr., F. N. Costa, 02 (EAC 58871); Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 19. IV. 2015, fl., fr., F. N. Costa 06 (EAC 58871).

Material adicional: BRASIL, Ceará, Jericoacoara, 13. XII. 2014, L. Q. Matias 731 (EAC 57823); Camocim, 09. IV. 2012, Rabay, S. s/n (EAC 52734); Icapuí, 02.VI.2012, H. H. S. Gonzales 44 (EAC 52732); Paracuru, 16.II.2012, H. H. S. Gonzales 43 (EAC 52733); Icapuí, 13.X.2011, H. H. S. Gonzales 33 (EAC 52056)

Fenologia: Floração e frutificação foram observadas nas duas amostragens novembro de 2014 e abril de 2015, com maior número de sementes em novembro de 2014.

Distribuição Geográfica: Atlântico temperado e tropical, Mediterrâneo, Pacífico Temperado e Indo-Pacífico, e Oceania (SHORT et al., 2007; DEN HARTOG, 1972). 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).

Comentários: *H. wrightii* é uma espécie nativa e não endêmica, sendo a espécie mais frequente e com ampla distribuição no Brasil (OLIVEIRA FILHO et al., 1983). Foi dominante em todas as subáreas coletadas. *H. wrightii* ocorre em comum ocorrências as outras espécies, incluindo *H. beaudettei*, espécie que apresenta grande semelhança, mas diferem quanto à cor, caracteres biométricos e formato do ápice.

Esta espécie cresce em ambientes moderadamente abrigados de praias arenosas, lamosas e em recifes de arenito, até cerca de 20 m de profundidade. Bancos de *H. wrightii* podem ser expostos nas marés baixas, sendo suas folhas menores nessa condição (OLIVEIRA FILHO et al., 1983; MAGALHÃES; ESKINAZI-LEÇA; JUNIOR, 1997; BARROS; COSTA; ROCHA-BARREIRA, 2014; BARROS; JARDIM; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS; ROCHA-BARREIRA; MAGALHÃES, 2016). *H. wrightii* apresenta grande plasticidade fenotípica quanto à forma do ápice (bidentado, tridentado, dentado, emarginado e cúspide) e variações espaciais de biomassa, sobretudo, relacionadas à profundidade (MAGALHÃES; ESKINAZI-LEÇA; JUNIOR, 1997; OLIVEIRA et al., 1997; CREED; MONTEIRO et al., 2000).

Sua reprodução é assexuada (clonal) e sexuada, porém faltam estudos quanto à fenologia reprodutiva ao longo do litoral brasileiro (MARQUES; CREED, 2008). Nas amostras analisadas, flores e frutos de *H. wrightii* tiveram maior frequência no período seco (novembro de 2014). Oliveira et al. (1997) também observaram maior número de flores e frutos no período seco,

no sudeste do Brasil. Na mesma região, (CREED, 1999), baseando-se em material coletado entre 1995 e 1997, não encontrou flores, frutos ou sementes de *H. wrightii*. Ferguson, Pawlak e Wood (1993) também observou maior frequência de ramos estéreis, e afirmou que, para observações de flores, frutos e sementes, são necessários estudos direcionados para tal finalidade.

Embora *H. wrightii* seja a espécie mais estudada no Brasil, pouco se conhece sobre a sua reprodução (floração, fecundação e dispersão) na costa brasileira. Diante da escassez de informações fenológicas na literatura, pradarias onde são observadas estruturas reprodutivas em diferentes estações do ano, como a observada no Timonha e Ubatuba são de grande importância para conhecimento e preservação da espécie.

3. *Halophila baillonis* Asch. J. Linn. Soc., Bot. 14(77): 317. 1874.

(Apêndice A, Fig. A.2 - A-F)

Erva rizomatosa, ramos eretos, 2-10 cm compr., verde-oliva. Ramos eretos 2-4 cm compr. Rizoma 0,38-1,34 mm diam. Entrenós 5,78-20,97 mm diam. Raízes 2-8,3 cm compr., branca. Folhas verticiladas, lâmina foliar 10,2-20,2x 5,58-3,68 mm, elíptica, oblonga, ovoide, ápice 1,47-4,01 mm de largura, agudo-obtuso, base 0,28-3,17 mm de base atenuada, margem serrada. Pecíolo 1,42-4,67 mm compr., verde claro. Brácteas 4,88-9,67 mm compr., marrom. Flor masculina 6,42-8,24 mm de comp., marrom. Flor feminina 4,38 mm comp., Frutos 1,49-7,71 mm diam. Sementes ovoides.

Material examinado: BRASIL, Piauí, Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 04. XI.2014, fl., fr. F. N. Costa 03 (EAC 58874); Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 19. IV. 2015, F. N. Costa 07 (EAC 58874).

Material Adicional: BRASIL, Piauí, Cajueiro da Praia, 09.VIII.2014, Barros, K.V.S s/n (EAC 567999).

Fenologia: Floração e frutificação são conhecidas e descritas para abril e maio na América Central (SHORT et al., 2006a; VAN TUSSENBROEK et al., 2010). No presente estudo, flores e frutos foram encontrados apenas nas amostras de novembro de 2014, e apenas flores foram observadas anteriormente, em agosto de 2014.

Distribuição Geográfica: Atlântico Tropical (SHORT et al., 2007), no Pacífico (Costa Rica e Panamá) (DEN HARTOG, 1972; SAMPER-VILLARREAL et al., 2014). No Brasil, sua distribuição restringe-se ao Nordeste (Paraíba, Pernambuco e Piauí), com registo histórico para Pernambuco, de Setchell em 1934 (OLIVEIRA FILHO et al., 1983) e recentes descrições para o Piauí (BARROS; COSTA; ROCHA-BARREIRA, 2014) e Paraíba (MAGALHÃES; BORGES; PITANGA, 2015).

Comentários: *Ha. baillonis* é nativa, não endêmica. A espécie é frágil, cresce em locais abrigados e de pouca luz, em profundidades de até 30m (DEN HARTOG, 1970; BARROS; COSTA; ROCHA-BARREIRA, 2014; MAGALHÃES; BORGES; PITANGA, 2015) ou águas rasas e túrbidas com cerca de 10 m, formando manchas ou prados (VAN TUSSENBROEK et al., 2010).

Short et al. (2006a) e van TUSSENBROEK et al. (2010) relatam que *Ha. baillonis* forma prados multiespecíficos com *H. beaudettei*, *Ha. decipiens*, *Thalassia testudinum* Banks ex König, e algas bentônicas, o que coincide com as observações realizadas neste estudo. As manchas de *Ha. baillonis* encontradas em Cajueiro da Praia ocorrem exclusivamente na subárea A da pradaria (mais próxima do oceano), em uma enseada abrigada por recifes de arenito, onde também são encontradas *H. beaudettei*, *H. wrightii*, *Ha. decipiens* e algas marinhas (*Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V.Lamouroux, *Caulerpa mexicana* Sonder ex Kützinger, *C. cupressoides* (Vahl) C.Agardh, *C. scalpelliformis* (R.Brown ex Turner) C. Agardh, *C. racemosa* (Forsskål) J. Agardh, *Enantiocladia duperreyi* (C.Agardh) Falkenberg, *Jania adhaerens* J.V.Lamouroux, *Acanthophara spicifera* (M.Vahl) Børgesen e *Acetabularia calyculus* J.V.Lamouroux). Embora coletadas na maré baixa, as manchas de *Ha. baillonis* permanecem submersas ou nas margens de poças d'água ou em “clareiras”, onde as outras espécies foram escassas.

O período reprodutivo para esta espécie é descrito para abril e maio (SHORT et al., 2006a; VAN TUSSENBROEK et al., 2010), meses de primavera, que antecedem o verão do Caribe e hemisfério norte, onde foram desenvolvidos os trabalhos citados. No estuário dos rios Timonha e Ubatuba, foram coletados brotos reprodutivos em novembro de 2014 e outros foram observados em agosto de 2015, que correspondem a período de estiagem na região, e portanto, similar àquele observado por aqueles autores.

Ha. baillonis é classificada como espécie vulnerável, na Lista Vermelha da IUCN (SHORT et al., 2010b), em decorrência dos declínios e desaparecimentos populacionais, re-

lacionados a alterações no habitat, que aumentam com desenvolvimento costeiro (CORTÉS, 2002; SHORT et al., 2010b). No Brasil, suas recentes novas ocorrências (BARROS; COSTA; ROCHA-BARREIRA, 2014; MAGALHÃES; BORGES; PITANGA, 2015) estão registradas em áreas protegidas pela legislação brasileira, inclusive onde ocorre o peixe-boi marinho *Trichechus manatus manatus* L., a mais importante espécie marinha do Brasil, considerada ameaçada de extinção. Este animal é considerado, assim como *Ha. baillonis*, uma sentinela da qualidade ambiental.

4. *Halophila decipiens* Ostenf. Bot. Tidsskr. 24 (3): 260-261, FSN [p. 261].1902

(Apêndice A, Fig. A.2 - G-K)

Erva rizomatosa, ramos eretos 2,3-12,7 cm compr., verde-clara. Ramos eretos 23,3-27 mm compr. Entrenós 2,8-23,5 mm compr. Rizoma 0,08- 0,51 mm diam. Raízes pivotantes 6,4-31,1 mm comp., branco a marrom. Folhas opostas, lâmina foliar 6,8-23,07 x 1-4,3 mm, elíptica, ápice obtuso, base acunhada-obovada, margem serrada, pilosa. Pecíolo 0,8-10 mm compr., verde-claro. Bráctea foliar 2,1-4,5 mm compr., marrom claro. Flores verde-claras, flor feminina 1,04-5,74 mm, flor masculina 3,01-4,16 mm. Frutos ovoides, 3,01-5,88 x 1,88-0,98 mm, verde-claros e amarelados, brácteas do fruto 1,93-4,55 mm, verdes. Sementes numerosas, ovóides.

Material examinado: BRASIL, Piauí, Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 04. XI. 2014, fl., fr., F. N. Costa 04 (EAC 58873). Cajueiro da Praia, Praia da Itam, 19. IV. 2015, fl., fr. F. N. Costa 08 (EAC 58873). **Material adicional:** BRASIL, Ceará, Icapuí, 23.XIII.2013, P. B. M. Carneiro s/n (EAC 57296); Icapuí 28.XIII.2013 P. B. M. Carneiro s/n (EAC 57295). Barroquinha, 18.I.2013, J. Umezaki s/n (EAC 53504).

Fenologia: Flores e frutos crescem entre os pecíolos e são protegidos por brácteas. Flores e frutos foram observados em agosto 2014. Apenas frutos foram encontrados em janeiro de 2015, apre sentando coloração verde quando imaturos e coloração amarela quando maduros.

Distribuição Geográfica: Oceanos Indo-Pacífico e Atlântico, em águas temperadas e tropicais (DEN HARTOG, 1972). No Brasil, ocorre no Nordeste (Alagoas, Ceará, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe) e Sudeste (Rio de Janeiro), (OLIVEIRA FILHO

et al., 1983; MARQUES; CREED, 2008; BOVE, 2014).

Comentários: *Ha. 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 (DEN HARTOG, 1970; KUO; KIRKMAN, 1995; VAN TUSSENBROEK et al., 2010).

Estas plantas formam pequenas manchas, em ambientes marinhos de pouca luz. As agregações monoespecíficas são mais frequentes, embora possam ocorrer junto a outras espécies (VAN TUSSENBROEK et al., 2010). Populações de *Ha. decipiens* são pequenas e densas na presença de *Halodule*, mas formam grandes comunidades em águas profundas associadas à algas calcárias (DEN HARTOG, 1970; KUO; WILSON, 2008). Em Cajueiro da Praia, *Ha. decipiens* é encontrada em pequenas manchas que margeiam a pradaria, mas ficam próximas ao canal do rio, não ficando expostas durante grande parte das marés baixas de sizígia, embora algumas poucas manchas possam emergir em marés negativas.

É uma planta monóica e suas folhas podem apresentar variações. Den Hartog (1970) e Kuo e Kirkman (1995) descrevem populações pilosas, enquanto Kuo et al. (1995) descrevem uma população glabras. É 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 (FONSECA et al., 2008). No México, as populações são anuais e desaparecem no outono (setembro, outubro e novembro), ressurgindo na primavera (março, abril e maio) (VAN TUSSENBROEK et al., 2010). No presente estudo, as populações parecem perenes, pois estavam presentes em todas as amostragens.

O limite de ocorrência mais ao sul do Brasil é no litoral do Rio de Janeiro, onde as populações são pequenas com machas de até 2,5 m, e a espécie é tida como criticamente ameaçada (CASARES; CREED, 2008). Em nível mundial, sua população é considerada estável e seu status na lista de espécies do IUCN é de “pouco preocupante” (SHORT et al., 2010c), embora as perdas e perturbações de habitat sejam ameaças constantes às populações costeiras. A escassez de dados, contudo, não deixa clara a real situação das populações do sublitoral (SHORT et al., 2010c).

Considerações Finais

Uma pradaria multiespecífica com a ocorrência de quatro espécies para o Sistema Estuarino Timonha e Ubatuba é uma importante fonte para conhecimento da distribuição e

ecologia de angiospermas marinhas do Brasil.

As duas espécies de angiospermas marinhas do gênero *Halodule* (com incertezas quanto a taxonomia) ocorrentes no Sistema Timonha e Ubatuba diferem em um conjunto de características morfológicas, sendo o ápice cuspido e obtuso com pequenos dentes laterais de *H. beaudettei* a principal característica que a difere de *H. wrightii*.

A descrição de estruturas reprodutivas e observações dos períodos reprodutivos de quadro das cinco espécies de angiospermas marinhas ocorrentes no Brasil é de grande contribuição para a taxonomia do grupo. Em especial aqueles que abordem a taxonomia de órgãos reprodutiva, como os resultados apresentados nesse estudo, um dos primeiros a abordar a fenologia reprodutiva para estas espécies na costa brasileira.

As angiospermas marinhas analisadas apresentaram grandes variações morfológicas, uma característica do grupo, o que torna de fundamental importância os estudos taxonômicos, para a comparação entre populações de diferentes regiões. Estudos nas diferentes áreas do conhecimento botânico por exemplo taxonomia, biologia molecular, genética e ecologia populacional são de suma importância para conservação das espécies.

Monitoramentos de longo prazo, como o que vem sendo realizado pelo grupo de trabalho dos “Fundos Submersos Vegetados” da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – FSV/ReBentos, são fundamentais para compreensão da dinâmica populacional, interações entre as espécies e entre elas com o ambiente. Estes estudos são também importantes ferramentas para o fomento à pesquisa e ações de preservação, como a definição de áreas prioritárias.

REFERÊNCIAS

BARROS, K.; COSTA, F.; ROCHA-BARREIRA, C. A *Halophila baillonis* Ascherson bed on the semiarid coast of Brazil. **Feddes Repertorium**, Wiley Online Library, v. 125, n. 3-4, p. 93–97, 2014.

BARROS, K.; JARDIM, J.; ROCHA-BARREIRA, C. 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.; ALMEIDA, R. B. C.; MAGALHAES, K. M. Ecology of Brazilian seagrasses: Is our current knowledge sufficient to make sound decisions about mitigating the effects of climate change. **Iheringia Série Botânica**, v. 68, p. 155–70, 2014.

BARROS, K. V. S. et al. Variações no prado de *Halodule wrightii* Ascherson e macrofauna associada na praia da pedra rachada, Paracuru, Ceará–Brasil. **Revista de Educação Científica e Cultural**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 2014.

BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Caracterização da dinâmica espaço-temporal da macrofauna bentônica em um banco de *Halodule wrightii* Ascherson (Cymodoceaceae) por meio de estratificação. **Rev. Nord. Zool**, v. 4, n. 1, p. 73–81, 2009.

BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Responses of the molluscan fauna to environmental variations in a *Halodule wrightii* Ascherson ecosystem from northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 85, n. 4, p. 1397–1410, 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: SNYDER, M. (Ed.). **Aquatic Ecosystems: Influences, Interactions and Impact on the Environment**. 1. ed. [S.l.]: New Jersey: Nova Science Publishers, 2016. p. 1–29.

BEMVENUTI, C. E. **Estrutura e dinâmica das associações de macroinvertebrados bentônicos dos ambientes estuarinos do Rio Grande do Sul: um estudo de caso**. Rio Grande, Base de Dados Tropical. 2005. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round6/guias/PERFURACAO/PERFURACAO_R6/refere/Estu%E1rios%20Sul.pdf>. Acesso em: 13 fev 2016.

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/floradobrasil/FB17116>>. Acesso em: 25 jan 2016.

BRASIL. Decreto S/N, De 28 De Agosto De 1996. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, nos Estados do Piauí, Maranhão, e Ceará, e dá outras providências. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF: [s.n.], 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/antior%a%2000/1996/dnn4368.htm>. Acesso em: 15 jun 2015.

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

CASARES, F. A.; CREED, J. C. Do small seagrasses enhance density, richness, and diversity of macrofauna? **Journal of Coastal Research**, BioOne, p. 790–797, 2008.

COELHO, P. A. Estudo ecológico da Lagoa do Olho D'água, Pernambuco, com especial referência aos crustáceos decápodos. **Tropical Oceanography**, v. 7, n. 1, 1965.

COLARES, I. G.; SEELIGER, U. et al. Influência da luz sobre o crescimento e a produção de biomassa de *Ruppia maritima* L. em cultivo experimental. **Acta Botanica Brasilica**, SciELO Brasil, v. 20, n. 1, p. 31–36, 2006.

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.

COPERTINO, M. S. et al. Monitoramento dos fundos vegetados submersos (pradarias submersas). In: TURRA, A.; DENADAI, M. R. (Ed.). **Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos**. São Paulo: [s.n.], 2015.

CORBISIER, T. N. Macrozoobentos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* Ascherson. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, SciELO Brasil, v. 42, n. 1-2, p. 99–111, 1994.

CORTÉS, J. Requiem for eastern pacific seagrass bed. **Revista de biología tropical**, Universidad de Costa Rica; 1998, v. 49, p. 273–278, 2002.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, Nature publishing group, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.

CREED, J. Epibiosis on cerith shells in a seagrass bed: correlation of shell occupant with epizoite distribution and abundance. **Marine Biology**, Springer, v. 137, n. 5-6, p. 775–782, 2000.

CREED, J. C. Morphological variation in the seagrass *Halodule wrightii* near its southern distributional limit. **Aquatic botany**, Elsevier, v. 59, n. 1-2, p. 163–172, 1997.

CREED, J. C. Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro state, Brazil. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 65, n. 1-4, p. 47–58, 1999.

CREED, J. C. The biodiversity of Brazil's seagrasses and seagrasses habitats: a first analysis. **Biologia Marina Mediterranea**, v. 7, n. 2, p. 207–210, 2000.

CREED, J. C. The of seagrasses of South America: Brazil, Argentina and Chile. In: GREEN, E. P.; SHORT, F. T. (Ed.). **World atlas of seagrasses**. [S.l.]: University of California Press, 2003. p. 243.

CREED, J. C.; FILHO, G. M. A. Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. **Journal of experimental marine biology and ecology**, Elsevier, v. 235, n. 2, p. 285–306, 1999.

CREED, J. C.; MONTEIRO, R. L. d. C. et al. An analysis of the phenotypic variation in the seagrass *Halodule wrightii* Aschers. **Leandra**, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, n. 15, p. 1–9, 2000.

CUNHA, A. H.; ASSIS, J. F.; SERRÃO, E. A. Reprint of “seagrasses in Portugal: A most endangered marine habitat”. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 115, p. 3–13, 2014.

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. The sea-grasses of the world. **Verh. kon. ned. Akad. Wet., Afd. Natuurkunde**, v. 59, n. 1, p. 275, 1970.

- DEN HARTOG, C. The sea-grasses of Brazil. **Acta botanica neerlandica**, Koninklijke Nederlandse Botanische Vereniging, v. 21, n. 5, p. 512–516, 1972.
- DUARTE, C. *Seagrass meadows*. In: CUTLER J. C. **Encyclopedia of Earth**. (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). 2011. Disponível em: <<http://www.eoearth.org/view/article/155952>>. Acesso em: 10 jan 2016.
- EISEMAN, N. J. Technical Report, **An Illustrated Guide to the Sea-Grasses of the Indian River Region of Florida**. Florida: [s.n.], 1980.
- FERGUSON, R. L.; PAWLAK, B. T.; WOOD, L. L. Flowering of the seagrass *Halodule wrightii* in North Carolina, USA. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 46, n. 1, p. 91–98, 1993.
- 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.
- GARCIA, A. M. et al. Abundância e diversidade de crustáceos decápodos dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia marítima* L. no estuário da Lagoa dos Patos (RS – Brasil). **Nauplius**, Rio Grande, v. 4, p. 113–128, 1996.
- HARTOG, D. D.; KUO, J. Taxonomy and biogeography of seagrasses. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. (Ed.). **Seagrasses: Biology, ecology and conservation**. [S.l.]: Dordrecht: Springer, 2006. p. 1–22.
- HEMMINGA, M. A.; DUARTE, C. M. **Seagrass ecology**. [S.l.]: Cambridge University Press, 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. et al. Occurrence of *Halophila decipiens* Ostenfeld (Hydrocharitaceae) in Okinawa Island, Japan. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 51, n. 3-4, p. 329–334, 1995.
- 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, J.; WILSON, P. G. Nomenclature of the seagrass *Halophila baillonis* Ascherson. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 88, n. 2, p. 178–180, 2008.

- LIPKIN, Y. *Halodule brasiliensis* sp. nov., a new seagrass from south America (Potamogetonaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 40, p. 85–90, 1980.
- MAGALHÃES, K. M.; BARROS, K. V. S. *Halodule beaudettei*, the sixth species recorded for Brazil: ecological and morphological notes. Submetido para publicação. *submit*.
- MAGALHÃES, K. M.; BORGES, J. C. G.; PITANGA, M. E. *Halophila baillonis* Ascherson: first population dynamics data for the southern hemisphere. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 87, n. 2, p. 861–865, 2015.
- 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.
- MAGALHÃES, K. M. et al. Seagrass meadow at the suape port área, Pernambuco, Brazil. In: **Anais de trabalhos completos do congresso de Ecologia do Brasil**. [S.l.]: Editora da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. p. 334–335.
- 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.
- 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.
- OLIVEIRA, E. C. et al. Phenology of a seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the Southeast coast of Brazil. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 56, n. 1, p. 25–33, 1997.
- OLIVEIRA FILHO, E. C. et al. The Brazilian seagrasses. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 16, n. 3, p. 251–267, 1983.
- OMENA, E.; CREED, J. C. Polychaete fauna of seagrass beds (*Halodule wrightii* Ascherson) along the coast of Rio de Janeiro (Southeast Brazil). **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 25, n. 4, p. 273–288, 2004.
- ORTH, R. J. et al. A global crisis for seagrass ecosystems. **Bioscience**, Oxford University Press, v. 56, n. 12, p. 987–996, 2006.

- PHILLIPS, R. et al. *Halodule wrightii* Ascherson in the Gulf of Mexico. **Contributions to Marine Science**, v. 18, p. 257–261, 1974.
- PHILLIPS, R. C. On species of the seagrass, *Halodule*, in Florida. **Bulletin of Marine Science**, University of Miami-Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, v. 17, n. 3, p. 672–676, 1967.
- SAMPER-VILLARREAL, J. et al. Presence of a *Halophila baillonii* Asch.(Hydrocharitaceae) seagrass meadow and associated macrofauna on the pacific coast of Costa Rica. **Pacific Science**, BioOne, v. 68, n. 3, p. 435–444, 2014.
- SANTOS-FILHO, F. S. et al. Fisionomias das Restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 218–227, 2010.
- SHORT, F. et al. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Elsevier, v. 350, n. 1-2, p. 3–20, 2007.
- SHORT, F. T. et al. *Halodule beaudettei*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2010**: e. T173329A6992218. 2010a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173329A6992218>>. Acesso em: 17 jan 2016.
- SHORT, F. T. et al. *Halophila baillonii*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2010**: e. T173329A6992218. 2010b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173382A7004500.en>>. Acesso em: 17 jan 2016.
- SHORT, F. T. et al. *Halophila decipiens*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2010**: e. T173329A6992218. 2010c. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173352A6997485.en>>. Acesso em: 17 jan 2016.
- SHORT, F. T. et al. Occurrence of *Halophila baillonii* meadows in Belize, Central America. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 85, n. 3, p. 249–251, 2006.
- SHORT, F. T. et al. Seagrassnet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 27, n. 4, p. 277–289, 2006.
- SHORT, F. T. et al. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. **Biological Conservation**, Elsevier, v. 144, n. 7, p. 1961–1971, 2011.

SILVA, E. T.; ASMUS, M. L. A dynamic simulation model of the widgeon grass *Ruppia maritima* and its epiphytes in the estuary of the Patos Lagoon, RS, Brazil. **Ecological modelling**, Elsevier, v. 137, n. 2-3, p. 161–179, 2001.

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.

SPALDING, M. et al. Global overview: The distribution and status of seagrasses. In: GREEN, E. P.; SHORT, F. T. (Ed.). **World Atlas of Seagrasses: Present Status and Future Conservation**. [S.l.]: University of California Press, London, England, 2003. p. 5–26.

VAN TUSSENBROEK, B. I. et al. Technical Report, **Guía de los Pastos Marinos Tropicales del Atlántico Oeste**. México, D.F.: [s.n.], 2010.

WAYCOTT, M. 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.

3 VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DE ANGIOSPERMAS MARINHAS EM ESTUÁRIO SEMIÁRIDO NO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Foi realizada uma caracterização da variação espaço-temporal de angiospermas marinhas, considerando variáveis abióticas e características das plantas em uma pradaria marinha multiespecífica ao longo de um gradiente ambiental no estuário dos rios Timonha/Ubatuba, Piauí, Brasil. Para isto, foram demarcadas três subáreas A (jusante), B (central) e C (montante), seguindo um gradiente ambiental horizontal da foz em direção a região superior do estuário. Um gradiente ambiental vertical do tempo de exposição ao ar (praia em direção ao leito do rio) foi definido, tendo sido estabelecidos três transectos com 30 m de comprimento, paralelos a linha d'água, sendo Transecto 1 (T1): mais próximo do rio, Transecto 2 (T2): na região intermediária e Transecto 3 (T3): mais superior em relação à margem do rio. Foram realizadas duas amostragens, uma no período seco (novembro de 2014) e outra no chuvoso (abril de 2015). Em cada amostragem, foram coletados dados ambientais e amostras de plantas de seis pontos previamente sorteados. Foram realizadas análises de variância não-paramétrica dos fatores abióticos e bióticos amostrados. Análises de similaridade foram realizadas para verificar as possíveis diferenças entre os fatores ambientais e biológicos. A influência dos fatores ambientais sobre as variações das angiospermas marinhas foi verificada pelo BIOENV. A pradaria foi considerada multiespecífica por ser constituída pelas angiospermas *Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei*, *Halophila baillonis* e *Halophila decipiens*, onde apenas *H. wrightii* apresentou variância significativa na análise do percentual de cobertura, densidade ($hastes \cdot m^{-2}$), biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$) e caracteres morfológicos das plantas, em função do período climático. A pradaria apresentou também variações entre os períodos seco e chuvoso quanto ao percentual de cobertura, densidade, morfometria e biomassa em todas as espécies. Considerando a distribuição espacial das espécies na pradaria e o gradiente vertical de exposição ao ar, as espécies estão melhor distribuídas na subárea A, onde ocorrem *H. beaudettei*, *H. wrightii*, *Ha. baillonis*, sendo apenas *Ha. baillonis* restrita a subárea A e ao Transecto 1.

Palavras-chave: *Halodule wrightii*. Percentual de Cobertura. Pradaria.

Introdução

Nos ecossistemas formados por angiospermas marinhas, uma gama de fatores ambientais determina os locais de ocorrência das espécies (DEN HARTOG, 1970; FONSECA; BELL, 1998), e variações nas características abióticas podem influenciar a morfologia das plantas (CREED, 1997; CREED; FILHO, 1999; SHORT et al., 2006b). Portanto, a dinâmica marinha e costeira contribui para variações destas espécies, que podem passar por grandes alterações em tamanho e abundância dos prados, podendo ocorrer desaparecimentos temporários (SHORT et al., 2006a), atribuídos, entre outras variáveis, às mudanças na temperatura e precipitação pluviométrica (SHORT et al., 2007; COPERTINO et al., 2015). Contudo, mudanças na distribuição podem também ocorrer em pequenas escalas no tempo e espaço, já que as angiospermas marinhas apresentam respostas às mudanças locais (SHORT et al., 2007).

As variações sazonais observadas nos trópicos ocorrem, geralmente, por efeito de variáveis ambientais relacionadas aos períodos de estiagem e chuvoso, como por exemplo, alterações de salinidade, aumento na turbidez da água e aporte de sedimento (SHORT, 1987; PULICH, 1985; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2009; SHORT et al., 2007; COLLIER et al., 2014). Estas variações sazonais também podem influenciar o tamanho, a biomassa e densidade dos bancos, bem como a fauna associada (BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS; JARDIM; ROCHA-BARREIRA, 2013).

Além de fatores ambientais locais e regionais, angiospermas marinhas formam ambientes vulneráveis a impactos antropogênicos e variáveis climáticas (PITANGA et al., 2012; BARROS; ALMEIDA; MAGALHAES, 2014), e apresentam crescentes taxas de perda, sendo um dos habitats mais ameaçados em toda sua área de ocorrência (ORTH et al., 2006; SHORT et al., 2006b; WAYCOTT et al., 2009).

Tais ecossistemas são importantes para a zona costeira (PHILLIPS, 1992), como fontes de substrato para diversos animais (HEMMINGA; DUARTE, 2000; ALVES, 2000; SHORT et al., 2007), abrigo e alimento para peixes, crustáceos, moluscos, aves aquáticas e mamíferos herbívoros, pois garantem um aumento na complexidade e produtividade no ambiente (PHILLIPS, 1992; SHORT et al., 2007).

Diante do exposto, foi formulada a seguinte hipótese: “Em um gradiente horizontal (subáreas A, B, C) e vertical (transectos 1,2 e 3) uma pradaria de angiospermas marinhas apresenta diferenças no espaço e tempo, quanto à composição e cobertura das espécies, densidade e biomassa vegetal como resultado das variações abióticas estuarinas e sazonalidade climática”.

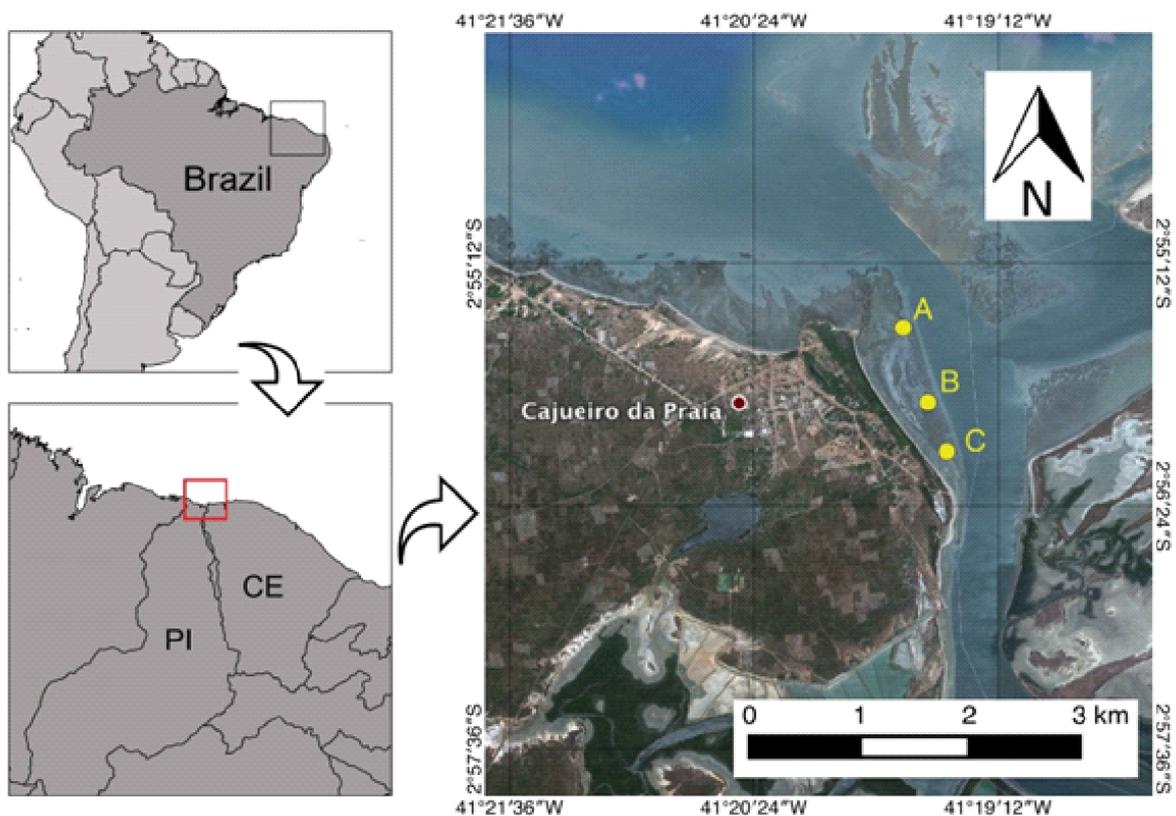
Assim, o objetivou-se com este trabalho caracterizar a variação espaço-temporal, considerando variáveis abióticas e características das plantas, em uma pradaria marinha multiespecífica ao longo de um gradiente ambiental no estuário dos rios Timonha/Ubatuba, Piauí, Brasil.

Material e Métodos

Área de estudo

A região de estudo foi demarcada no estuário dos rios Timonha/Ubatuba, situada na porção leste do estado Piauí (Fig. 2), entre a latitude de $02^{\circ} 56' 18''$ S e longitude $41^{\circ} 19' 21''$ O. A região pertence a Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba (BRASIL, 1996), que envolve todo o litoral do Piauí e partes do Maranhão e Ceará.

Figura 2 – Localização da área de estudo. Foz dos rios Timonha e Ubatuba na divisa dos estados do Piauí e Ceará, Nordeste- Brasil.



Fonte: A autora.

O sistema estuarino localiza-se na região semi-árida do Brasil é formado pelos rios Timonha e Ubatuba que são rios intermitentes (MORAIS; DIAS; PINHEIRO, 2014). Esta é uma

região de mesomares, com influências de marés semi-diurnas de amplitudes 3,4 m em marés de sizígia (DIAS, 2005), as quais influenciam por 25 km de distância da foz (MORAIS; DIAS; PINHEIRO, 2014).

O clima na região é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Aw, com uma estação quente e chuvosa no verão e seca moderada no inverno. A temperatura média anual é 28 °C, com médias máximas 32 °C e mínimas de 23°C, e as precipitações médias anuais são de cerca de 1.069 mm, com chuvas irregulares, concentradas nos meses de março, abril e maio, setembro, outubro e novembro concentram o período mais seco do ano (JACOMINE, 1986; NASCIMENTO; SASSI, 2009).

Amostragem

Para a realização deste estudo, em um prado multiespecífico localizado em uma planície de maré, foram demarcadas três subáreas A (mais próximo à foz), B (centro da pradaria) e C (mais interno no estuário), seguindo um gradiente ambiental horizontal da foz em direção a região superior do estuário. Em cada subárea, um gradiente ambiental vertical do tempo de exposição ao ar (praia em direção ao leito do rio) foi definido, tendo sido instalados três transectos com 30m de comprimento paralelos a linha d'água, sendo Transecto 1 (T1): mais próximo do rio, Transecto 2 (T2): na região intermediária e Transecto 3 (T3): mais superior em relação à margem do rio (adaptado de Copertino et al. (2015)).

As variáveis abióticas (precipitação pluviométrica, temperaturas do ar mínima e máxima, insolação e velocidade do vento) para a região do estuário foram obtidas na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015).

Foram realizadas duas amostragens, uma no período seco (novembro de 2014) e outra no chuvoso (abril de 2015).

Em cada amostragem, de seis pontos previamente sorteados, foram coletados dados ambientais e amostras biológicas. O percentual de cobertura foi avaliado utilizando como elemento amostral um quadrado (50 x 50 cm) segundo o modelo de Weinberg (1981). Fora dos quadrados, mas em feição similar e próxima, amostras da vegetação contendo sedimento e fauna foram removidas, utilizando-se coletor de PVC de 10 cm de diâmetro, enterrado a 15 cm de profundidade, para posterior análise de diversidade e das demais análises biológicas (percentual de cobertura, altura do dossel e coleta de vegetação para medidas morfométricas, densidade e biomassa). Um total de 18 amostras foram coletadas em cada subárea.

Figura 3 – Desenho amostral mostrando as três subáreas e seus respectivos transectos, dentro do prado localizado na margem esquerda do Complexo Estuarino Timonha-Ubatuba, município de Cajueiro da Praia, Piauí.



Fonte: A autora.

Processamento do material

As amostras coletadas foram transportadas ao Laboratório de Zoobentos do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (Labomar/UFC), onde foram lavadas em água corrente, utilizando peneira com malha de 0,5 mm. As angiospermas e as algas foram separadas e identificadas, com auxílio de um microscópio óptico, estereomicroscópica binocular (lupa) e literatura especializada.

As angiospermas foram analisadas quanto a biometria, densidade e biomassa. A avaliação morfométrica foi realizada considerando cinco folhas inteiras de cada espécie de planta presente na amostra, observando-se a forma do ápice, comprimento e as larguras do ápice, meio e base das folhas.

Posteriormente, a parte aérea (brotos/hastes) e subterrâneas (raízes/rizomas) das

plantas foram separadas para verificar o número de hastes por amostra, obtendo-se a densidade ($hastes \cdot m^{-2}$). As partes aérea e subterrânea foram secas em estufa com temperatura de 60°C, por 48h, para obtenção da massa seca das plantas em gramas de peso seco, por metro quadrado ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$).

As amostras de sedimento foram analisadas no Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Ciências do Mar/UFC. As amostras foram secas à 60°C até perda total da umidade. Após secagem, 100 g de cada amostra foi lavada em água corrente, com malha de 0,062 mm, para a separação de finos (silte, lama e argila), o material retido na peneira passou por um segundo processo de secagem. Todas as amostras secas foram peneiradas com jogo de peneiras GRANUTEST®), com agitação programada por 10 minutos em agitador de peneiras (rot up), para a separação dos diferentes tamanhos de grão de areia e cascalho, segundo a classificação de Suguio (1973). O material retido em cada peneira foi pesado em balança de alta precisão BIOPRECISA®), os dados resultantes desse processo foram analisados no programa ANASED 5j®), desenvolvido pelo Laboratório de Geologia Marinha do Departamento de Geologia/UFC, para obtenção dos parâmetros granulométricos.

O método gravimétrico foi empregado para a análise de matéria orgânica no sedimento. O método consiste na queima de 2 g do sedimento por duas 2h em mufla a 450°C. O teor de matéria orgânica foi determinado pela diferença de peso da amostra antes e depois da queima, sendo expressa como: $[MO] = (mc \times 100) / ms$, sendo [MO] matéria orgânica, “mc” o valor da massa perdida após calcinação e “ms”, a massa do sedimento.

As análises de carbonato foram processadas de acordo com o método do Calcímetro de Bernard, onde de cada amostra foi pesada 0,5 g de sedimento, tratado com 2 mL de HCl a 10% num Erlenmeyer modificado conectado a um sistema de pipetas graduadas. O carbonato presente na amostra reage com o HCl e libera CO₂, que passa pelo orifício e desloca a água dentro do sistema. Os percentuais de CaCO₃ de cada amostra foram obtidos em proporção a uma amostra padrão de CaCO₃.

Análises estatísticas

Para a realização das análises estatísticas, os dados foram testados quanto a normalidade e homocedasticidade. Devido o não cumprimento destes pressupostos, foram realizadas análises de variância não-paramétrica dos fatores abióticos e bióticos amostrados, sendo o teste Mann-Whitney (teste u) utilizado para verificar a variância entre as médias dos períodos (seco e

chuvoso), e teste Kruskal-Wallis (KW) para verificar as diferenças entre as três subáreas (A, B e C) e os três (1, 2 e 3) transectos.

As semelhanças entre os períodos, as subáreas e os transectos foram avaliadas empregando-se uma análise de agrupamento (Cluster) e de ordenação por escalonamento multidimensional (MDS), com base na matriz de similaridade, dos dados abióticos transformados em $\log(x+1)$, e índice de distância Euclidiana. Uma análise ANOSIM (uma-via) foi realizada com base na distância Euclidiana para verificar as diferenças significativas entre os fatores nas amostras, com nível de significância de 5%. Uma análise SIMPER foi realizada afim de detectar que variáveis mais contribuíram para as semelhanças ou diferenças entre as amostras.

Para as variáveis biológicas (% cobertura, morfometria foliar, densidade, biometria e biomassa), uma análise de agrupamento (Cluster) e uma de ordenamento (MDS), com base no índice de similaridade de Bray-Curtis (dados transformados em $\log(x+1)$), foi realizada. Em seguida, uma análise ANOSIM (uma-via) com base no índice de similaridade de Bray-Curtis foi aplicada para verificar as possíveis diferenças entre os fatores nas variáveis, com nível de significância de 5%. A contribuição de cada variável para a similaridade ou dissimilaridade entre os fatores foi analisada através do SIMPER, que também apresentou a contribuição das variáveis para semelhanças ou dissimilaridades.

Com a finalidade de detectar a influência dos fatores ambientais sobre as variações das angiospermas marinhas, os conjuntos de dados abióticos (matriz de distância Euclidiana) e bióticos (matriz de Bray-Curtis) foram submetidos a uma análise BIOENV.

Os testes de normalidade e as análises de variância, foram realizados utilizando-se o programa Statistica, versão 7.0. As análises de agrupamento, ordenamento, significância, similaridade e BIOENV no programa Primer, versão 6.0.

Resultados

Caracterização abiótica da pradaria

As características ambientais da área estudada foram definidas por conjunto de variáveis abióticas apresentadas na tabela 1. A média precipitação pluviométrica, temperaturas máximas e mínimas, insolação, velocidade do vento, temperatura do sedimento e tempo de exposição ao ar apresentaram variações significativas entre os períodos seco e chuvoso (teste u, $p < 0,05$) (Tab. 2).

Tabela 1 – Estatística descritiva de todas as variáveis abióticas analisadas na pradaria multiespecífica em novembro de 2014 e abril de 2015 no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil.

Variáveis	N	Valor Mín.	Valor Máx.	Média	Desvio Padrão
Precipitação (mm/mês)	18	0,10163	5,0117	2,5566	2,52620
Temp. do ar máxima (°C)	18	32,29500	34,8024	33,5387	1,29007
Temp. do ar mínima (°C)	18	22,98699	23,7342	23,3606	0,38442
Insolação (h)	18	6,45630	9,4569	7,9566	1,54380
Velocidade do vento média (m/s)	18	3,62792	4,7264	4,1772	0,56518
Salinidade	18	33,6667	45,333	36,611	4,39585
Temperatura (°C)	18	27,5000	34,8333	30,9259	1,83309
Tempo de exposição ao ar (min.)	18	82,0000	263,0000	207,4444	43,98425
Cascalho (%)	18	0,16357	16,7517	6,3704	4,89915
Areia (%)	18	57,42333	78,0267	67,8646	5,31588
Finos totais (%)	18	17,05167	41,0817	25,7655	5,50587

Fonte: A autora.

A variância entre as subáreas (A, B e C) foi significativa para o tempo de exposição ao ar (KW teste, $p=0,0503$), que concentra maior variação em A, e menores valores de tempo na subárea C. A subárea A está situada na face mais exposta da foz, portanto, é a última a ser exposta e mais rapidamente coberta pelo movimento das marés. O percentual de cascalho (KW teste, $p=0,0061$) foi maior na subárea C (mais superior no estuário) e pode estar relacionado com período chuvoso (Tab. 2) no qual, o fluxo do rio pode transportar frações de maior tamanho do sedimento. O teor de matéria orgânica apresentou variação significativa (KW teste, $p=0,0363$) na subárea C, onde também apresenta seus maiores percentuais, bem como nos transectos 2 e no período seco. Não foram observadas variações significativas entre as variáveis analisadas em relação aos transectos.

O sedimento foi classificado por peneiramento seco de acordo com o tamanho médio do grão (Apêndice II). O teor de matéria orgânica apresentou maiores percentuais no período seco, sendo o transecto 2 da subárea B (7,20%) com maior porcentagem, seguidos de subárea A T3 (4,25%) e subárea C T1 (4,95%). No período chuvoso, os maiores valores de matéria orgânica ocorreram na subárea C no transecto 1 com 4,46%, e na subárea A T2 (4,35%) e subárea B T1 (3,65%).

O percentual de carbonato apresentou maiores concentrações no período seco, com 65,02% para subárea A T1. As subáreas B T3 e C T3 apresentaram 46,56% e 58,72%, respectivamente. No período chuvoso, a subárea A T2 concentrou 61,24% do valor de carbonato, seguido

Tabela 2 – Análise não paramétrica (Mann-Whitney, $p < 0,005$) dos fatores abióticos nos períodos seco e chuvoso em novembro de 2014 e abril de 2015 no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil.

Variáveis	U	Z	Valor de P	Ranck Seco	Ranck Chuvoso
Precipitação (mm/mês)	0,00000	-3,57624	0,000349	45,0000	126,0000
Temp. do ar máxima (°C)	0,00000	-3,57624	0,000349	126,0000	45,0000
Temp. do ar mínima (°C)	0,00000	-3,57624	0,000349	45,0000	126,0000
Insolação (h)	0,00000	-3,57624	0,825283	126,0000	45,0000
Velocidade do vento média (m/s)	0,00000	-3,57624	0,037978	126,0000	45,0000
Salinidade	29,00000	1,01547	0,309880	97,0000	74,0000
Temperatura do sedimento (°C)	18,00000	-1,98680	0,046946	63,0000	108,0000
Tempo de exposição ao ar (min.)	17,00000	-2,07510	0,037978	62,0000	109,0000
Cascalho (%)	35,00000	-0,48566	0,622707	80,0000	91,0000
Areia (%)	30,00000	0,92717	0,353838	96,0000	75,0000
Finos totais (%)	38,00000	-0,22076	0,825283	83,0000	88,0000
Matéria orgânica (M.O.)	34,00000	0,57396	0,565993	92,0000	79,0000
Carbonatos(CaCO ₃)	38,00000	0,22076	0,825283	88,0000	83,0000

Fonte: A autora.

pelos valores 52,43% para B T1 e 57,05% para C T2.

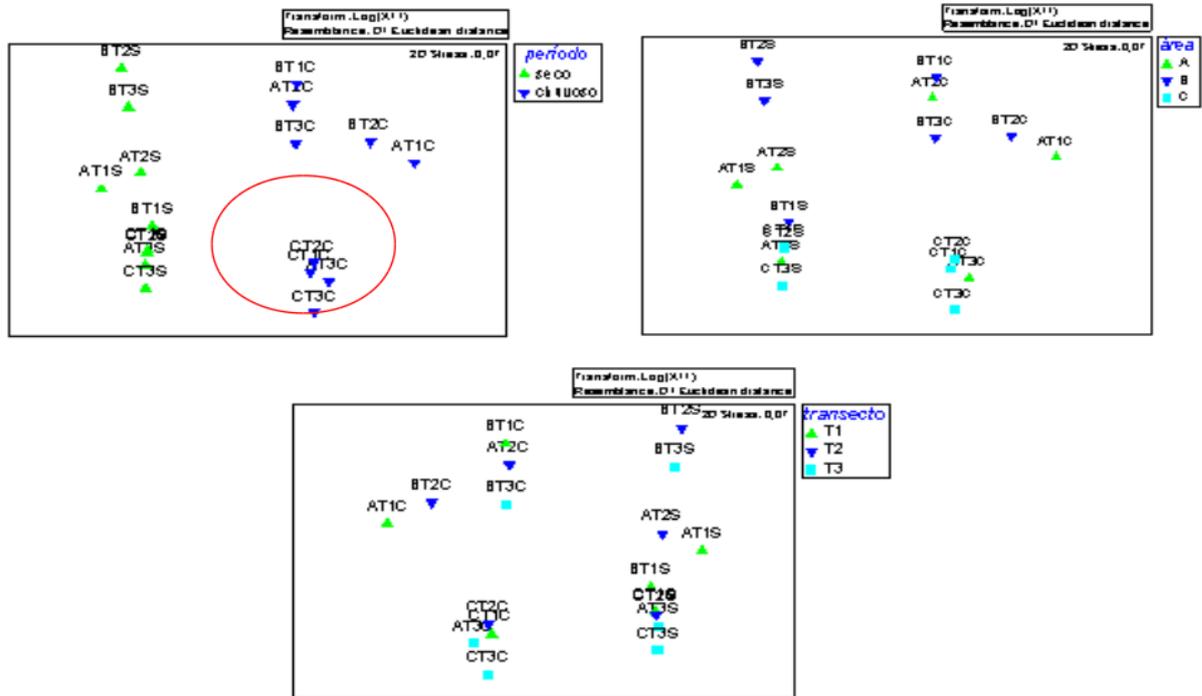
A partir da análise de agrupamento percebe-se a formação de dois grupos de amostras, que corresponderam aos períodos seco e chuvoso (Fig. 5). O ordenamento por escalonamento multidimensional (MDS), considerando os períodos climáticos, evidenciou também a separação de dois grupos principais de amostras, período e chuvoso (Fig. 4 A). O teste ANOSIM para fator período (seco e chuvoso) detectou diferença significativa ($P = 0,1\%$) e $R = 0,774$.

As amostras do período seco apresentaram 0,88% similaridade (SIMPER). O percentual de contribuição indicou que semelhança é explicada principalmente pelas distâncias das variáveis areia (0,19%) e temperatura do sedimento (0,26%). Já as amostras de período chuvoso apresentaram uma associação 1,34% de distância, principalmente definidas pela temperatura do sedimento (0,22%) e pela salinidade (0,67%).

somente as amostras da subárea C ficaram agrupadas, e somente no período chuvoso, o que denota uma diferença em relação às características abióticas na porção da pradaria mais interna no estuário (Fig. 4 B).

A significância do teste de ANOSIM para o gradiente horizontal apresentou $R = 0,228$ e $P = 3,2\%$. As comparações entre os grupos das subáreas A e B ($P = 39,8\%$ e $R = -0,004$); entre das subáreas A e C ($P = 11\%$ e $R = 0,113$) apresentaram um R global baixo e não foram

Figura 4 – Ordenação por escalonamento multidimensional (MDS) das características abióticas por período (S-seco, C- chuvoso), subáreas (A, B, C) e transectos (1, 2, 3) de uma pradaria no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí. Medida da distância Euclidiana, com valores transformados em $\log(x+1)$.



Fonte: A autora.

significativas. Já, a comparação dos grupos das subáreas B e C apresentou $P=0,4\%$ significativo e $R=0,544$. A subárea C apresentou similaridade (SIMPER) de $1,04\%$ a menor distância entre si, em função principalmente das variáveis temperatura do sedimento ($0,01\%$) e temperatura mínima do ar ($0,03\%$).

Considerando o gradiente vertical, não foi possível evidenciar um claro agrupamento das amostras dos transectos 1, 2, 3 (Fig. 4 C), em ambos os períodos de estudo.

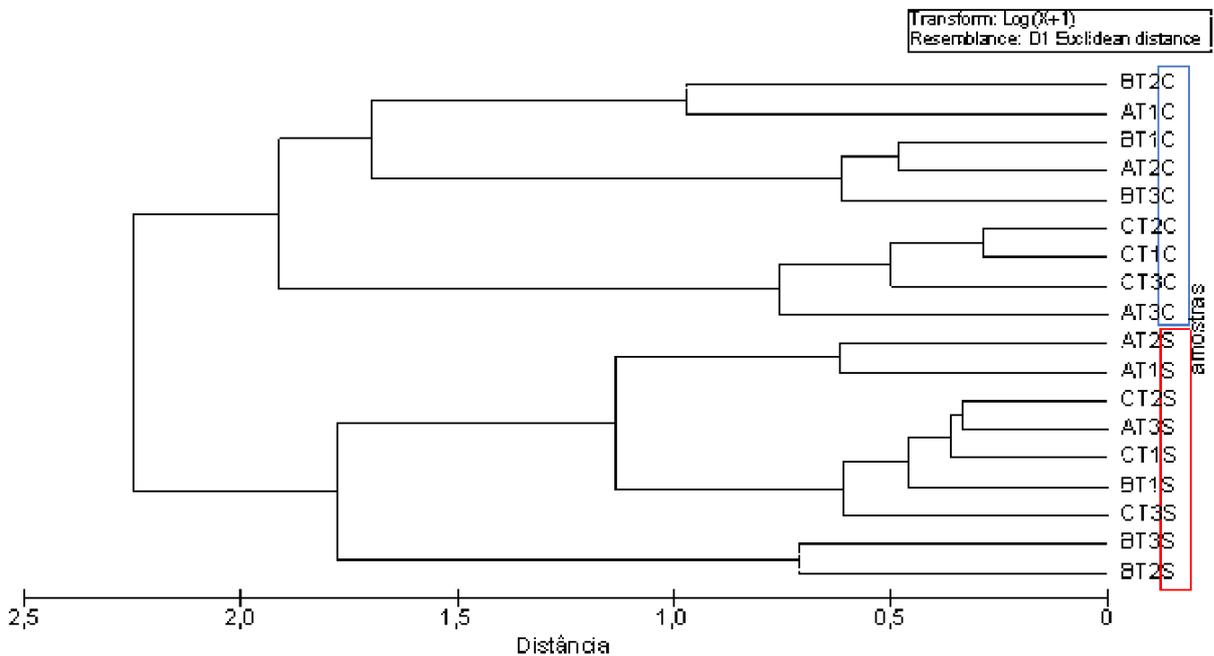
Caracteres das angiospermas marinhas na pradaria estudada

A pradaria estudada é constituída pelas angiospermas *Halodule wrightii*, *H. beaudet-pei*, *Halophila baillonis* e *Ha. decipiens*, esta última não amostrada no estudo, em decorrência de sua distribuição fora dos transectos.

Na análise do percentual de cobertura, densidade ($hastes \cdot m^{-2}$), biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$) e caracteres morfológicos das plantas em função do período climático, apenas *H. wrightii* apresentou variância significativa (Tab. 3).

Dentro do gradiente horizontal (subáreas A, B e C) observou-se que *H. wrightii*

Figura 5 – Análise de agrupamento (Cluster) por período (S-seco, C- chuvoso), subáreas (A, B, C) e transectos (1, 2, 3) das amostras abióticas da pradaria no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí. Medida da distância Euclidiana, com valores transformados em $\log(x+1)$. Retângulo azul indica o agrupamento do período chuvoso e o retângulo vermelho de seco.



Fonte: A autora.

Tabela 3 – Análise não paramétrica (Mann-Whitney, $p < 0,005$) dos fatores bióticos nos períodos seco e chuvoso em novembro de 2014 e abril de 2015 no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil. Apenas a espécie e variável que apresenta significância foram ilustradas na tabela.

<i>Halodule wrightii</i>					
Variáveis	U	Z	Valor de P	Ranck Seco	Ranck Chuvoso
% de cobertura	1166,500	-1,79111	0,073277	2651,5000	3234,500
Densidade	1343,000	-0,70661	0,479808	2828,000	3058,000
Média de comprimento	731,000	-4,46702	0,000008*	2216,000	3670,000
Média de largura	1409,000	0,30108	0,763355	2992,000	2894,000
Biomassa aérea	1441,500	-0,10138	0,919246	2926,500	2959,500
Biomassa subterrânea	818,500	-3,92938	0,000085*	2303,500	3582,500
Biomassa total	1182,000	-1,69587	0,089911	2667,000	3219,000

Fonte: A autora.

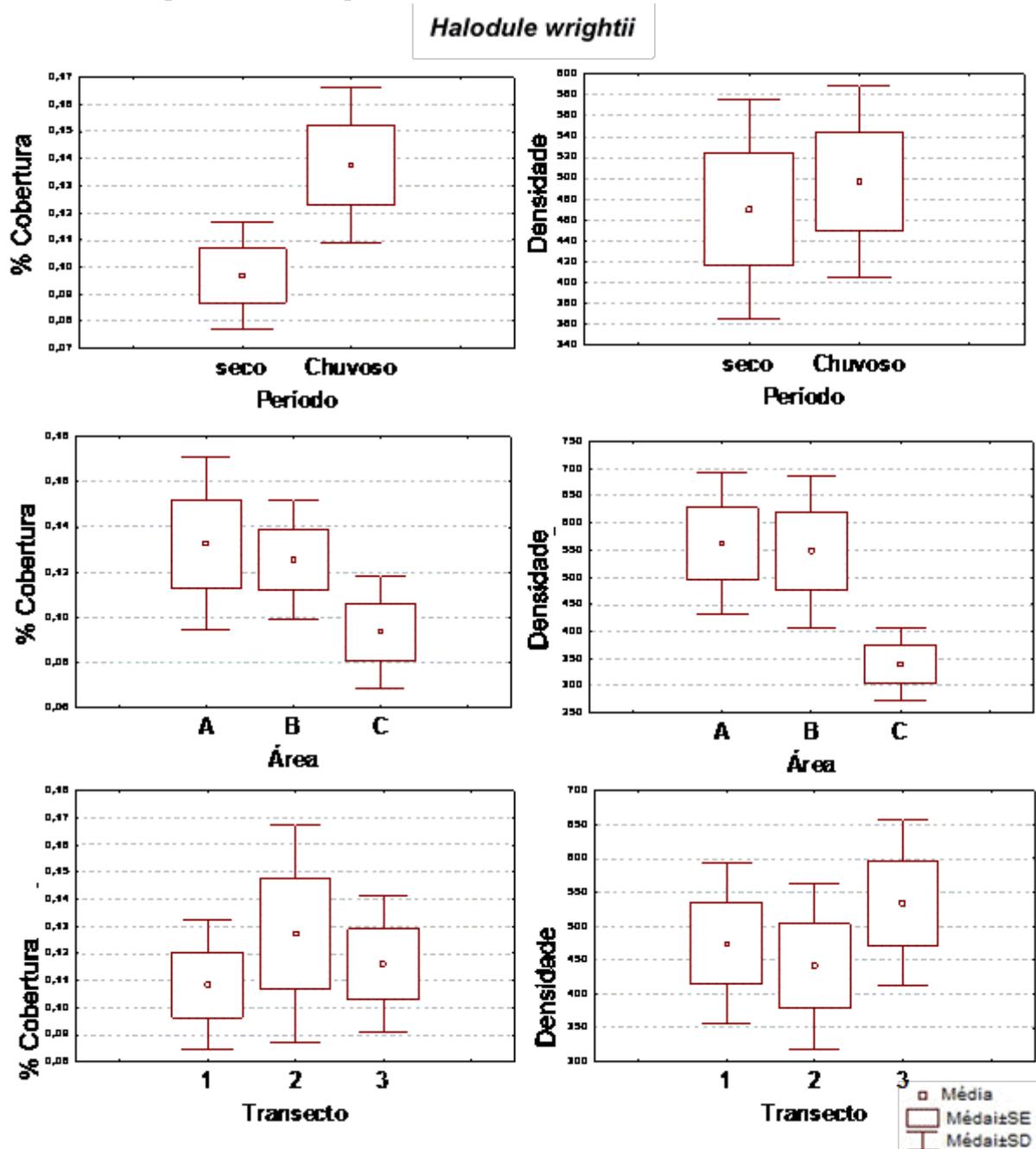
*Diferença estatisticamente significativa.

variou significativamente em densidade (KW teste, $p=0,046$), biomassa aérea (KW teste, $p=0,004$) e biomassa total (KW teste, $p = 0,001$). Entretanto, no gradiente vertical (transectos 1, 2 e 3) não foram identificadas diferenças significativas para esta espécie.

Embora as demais variáveis tenham demonstrado variação significativa, o percentual de cobertura de *H. wrightii* apresentou maior variância entre os períodos seco e chuvoso, do

que entre as subáreas e transectos, a densidade de brotos apresentou maior variação entre as subáreas (Fig. 6). É provável que o gradiente horizontal (A, B e C) tenha maiores diferenças na subárea interna do estuário, onde a influência das variáveis ambientais são mais marcadas entre os períodos de estiagem e chuva. Sendo percebida uma diminuição da cobertura e densidade na subárea C, que se encontra sob menor influência marinha.

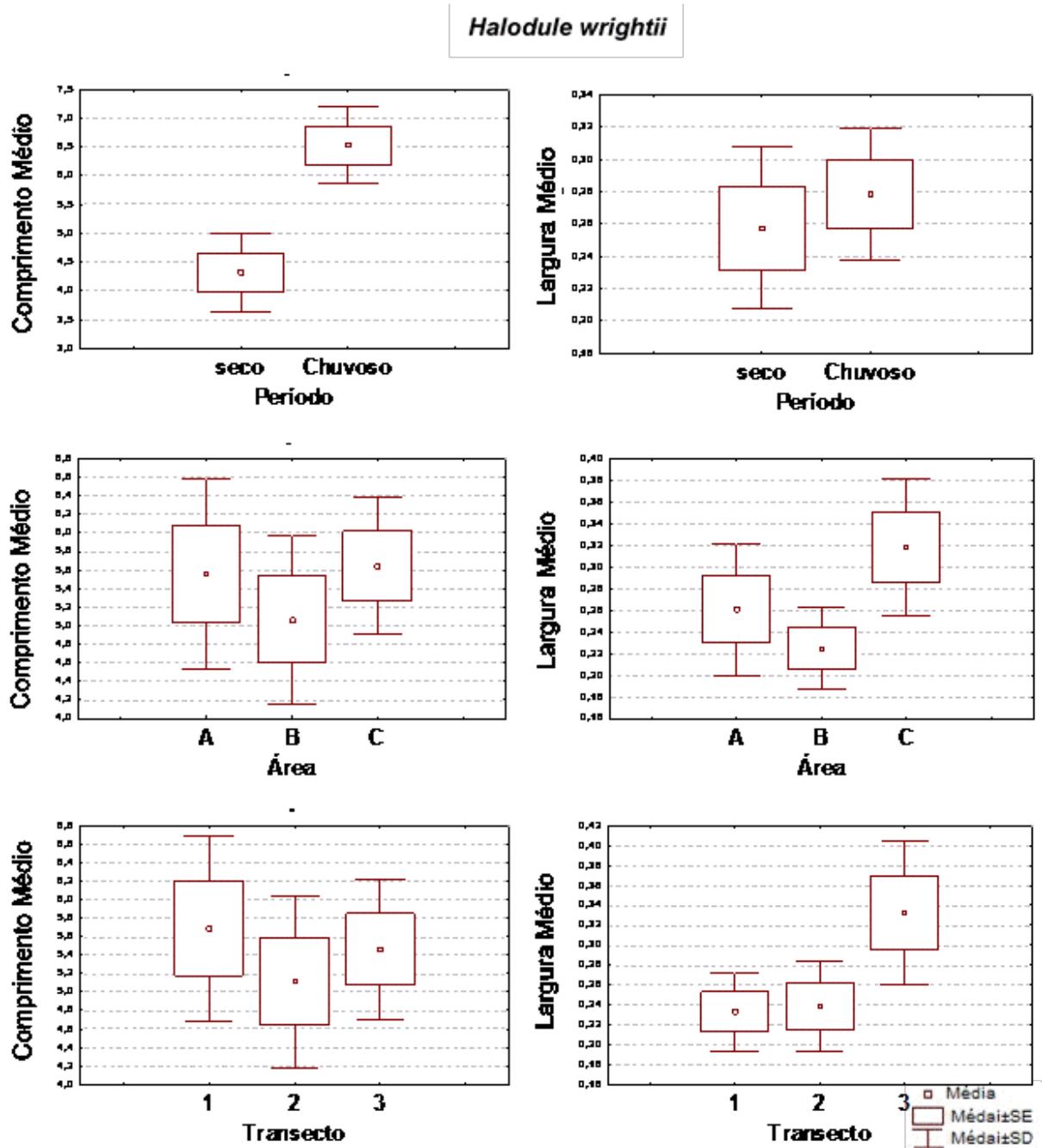
Figura 6 – Gráficos comparativos das variâncias de *H. wrightii* para percentual de cobertura e densidade ($hastes \cdot m^{-2}$) de brotos/hastes comparando períodos, subáreas e transecto. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

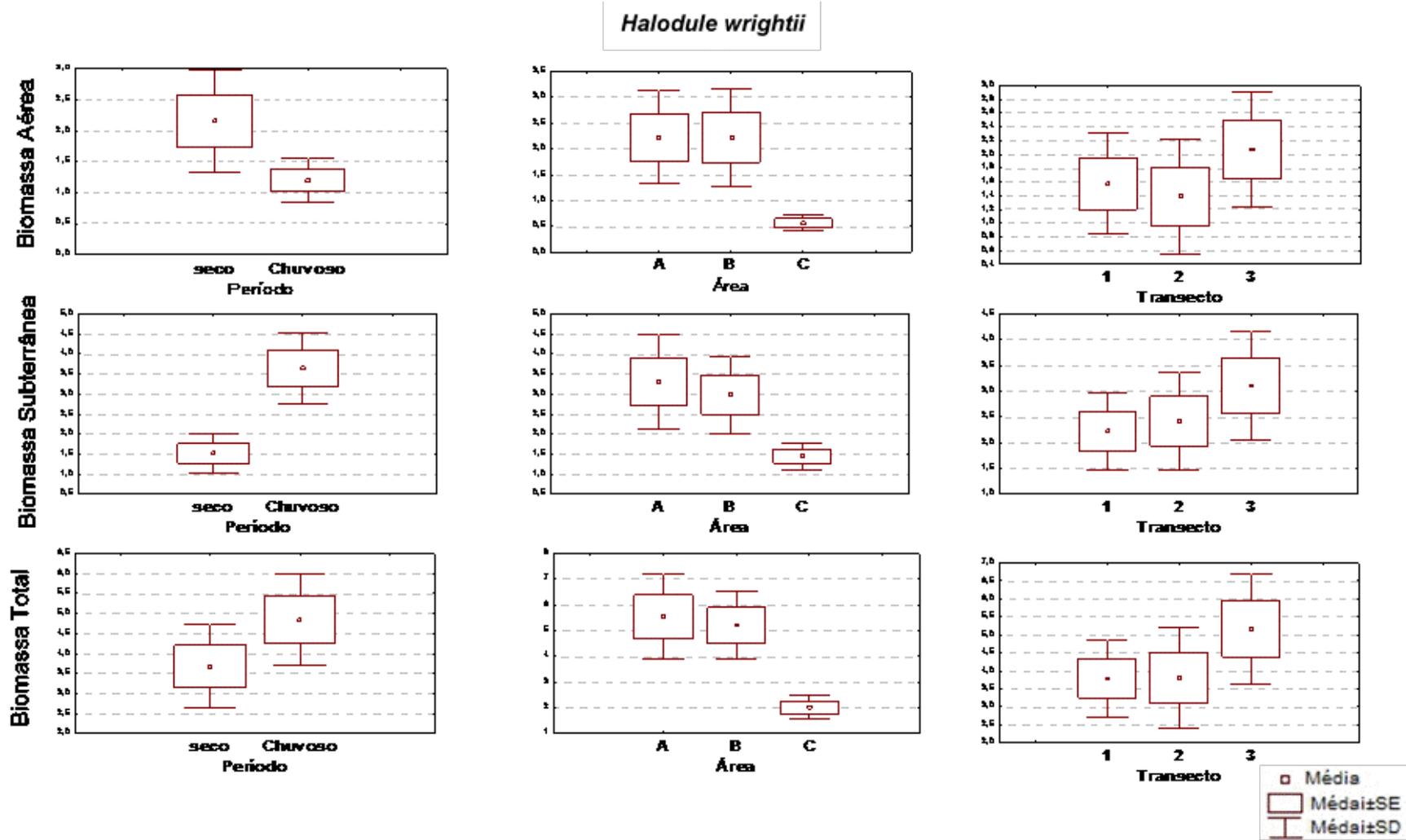
Halodule wrightii apresentou maior média de comprimento da folha no período chuvoso, e média de largura na subárea C (Fig. 7). As variâncias de biomassa para *H. wrightii* apresentaram maiores variações de biomassa aérea no período seco, com menor valor na subárea C, e entre os transectos. O transecto 3, mais exposto ao ar, apresentou maior valor para todas as partições de biomassa. Para biomassa subterrânea e biomassa total foram observadas variações similares com maiores valores na estação chuvosa e menores valores de biomassa na subárea C (Fig. 8).

Figura 7 – Gráficos comparativos das variâncias de morfometria foliar de *H. wrightii* entre períodos, áreas e transectos. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

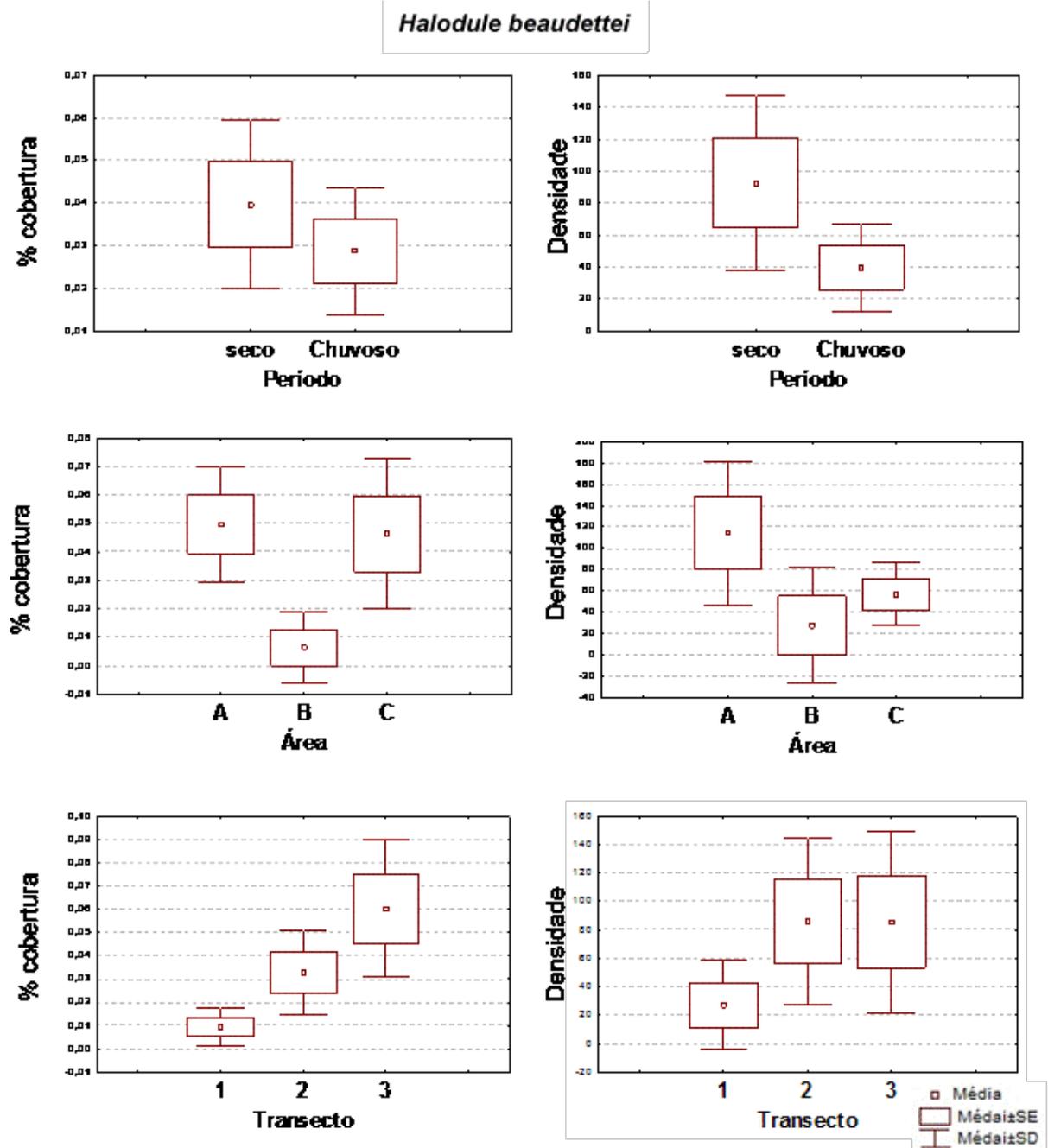
Figura 8 – Gráficos comparativos das variâncias de biomassa aérea, subterrânea e total (aérea mais subterrânea) comparativas entres períodos (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) transectos (1, 2 e 3) de *H. wrightii*. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

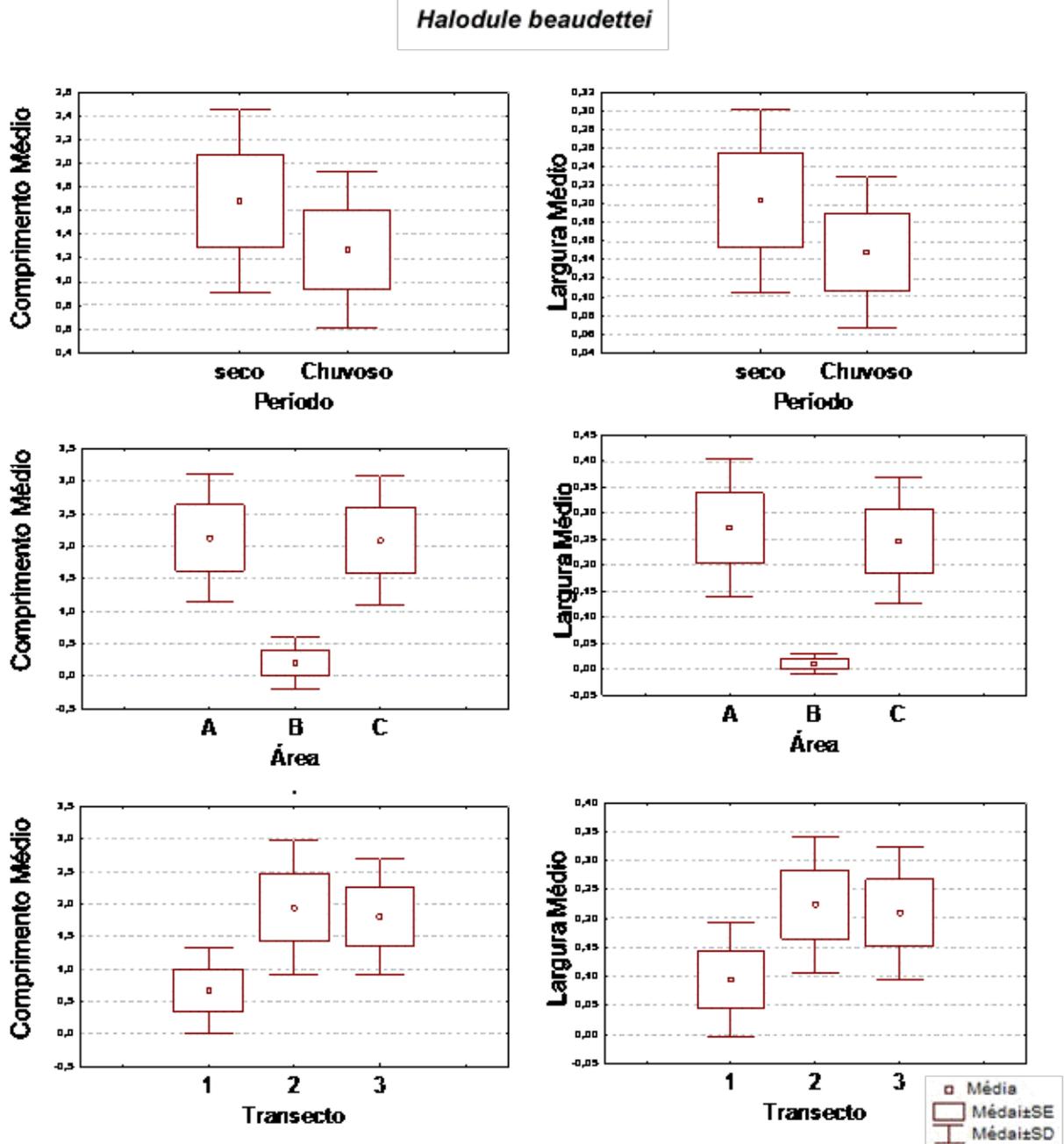
A espécie *H. beaudettei* apresentou variância significativa (KW teste, $p < 0,005$) entre as subáreas (A, B e C) para todas as variáveis analisadas, e entre transectos apenas a variável percentual de cobertura variou significativamente (KW teste, $p < 0,007$). *H. beaudettei* apresentou maiores variações do percentual de cobertura no período seco, nas subáreas A e C, e no transecto 3. A densidade foi maior no período seco, na subárea A e nos transectos 2 e 3 (Fig. 9). Comparando as variáveis morfológicas das folhas, *H. beaudettei* apresentou folhas mais compridas e largas (Fig. 10) no período seco, nas subáreas A e C, e no transecto 2, que representa uma zona intermediária entre o leito do rio e a praia na planície de maré. Quando comparadas as biomassas, os maiores valores ocorreram no período seco, na subárea A e nos transectos 2, 3 e 2, respectivamente para aérea, subterrânea e total (Fig. 11).

Figura 9 – Gráficos comparativos das variâncias *H. beaudettei* para percentual de cobertura e densidade ($\text{hastes} \cdot \text{m}^{-2}$), por período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multispecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



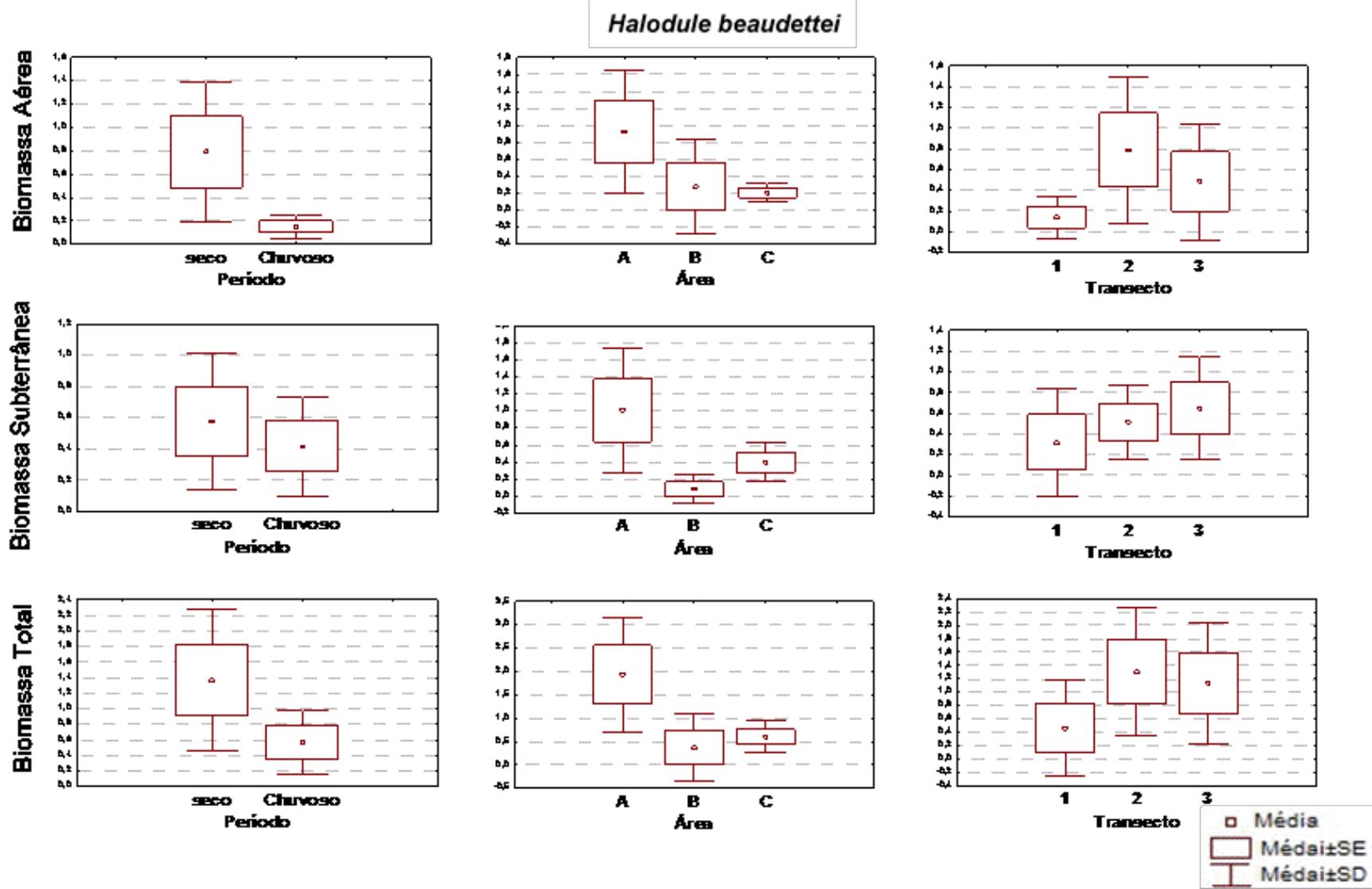
Fonte: A autora.

Figura 10 – Gráficos comparativos das variâncias *H. beaudettei* para características da folha por período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multispecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

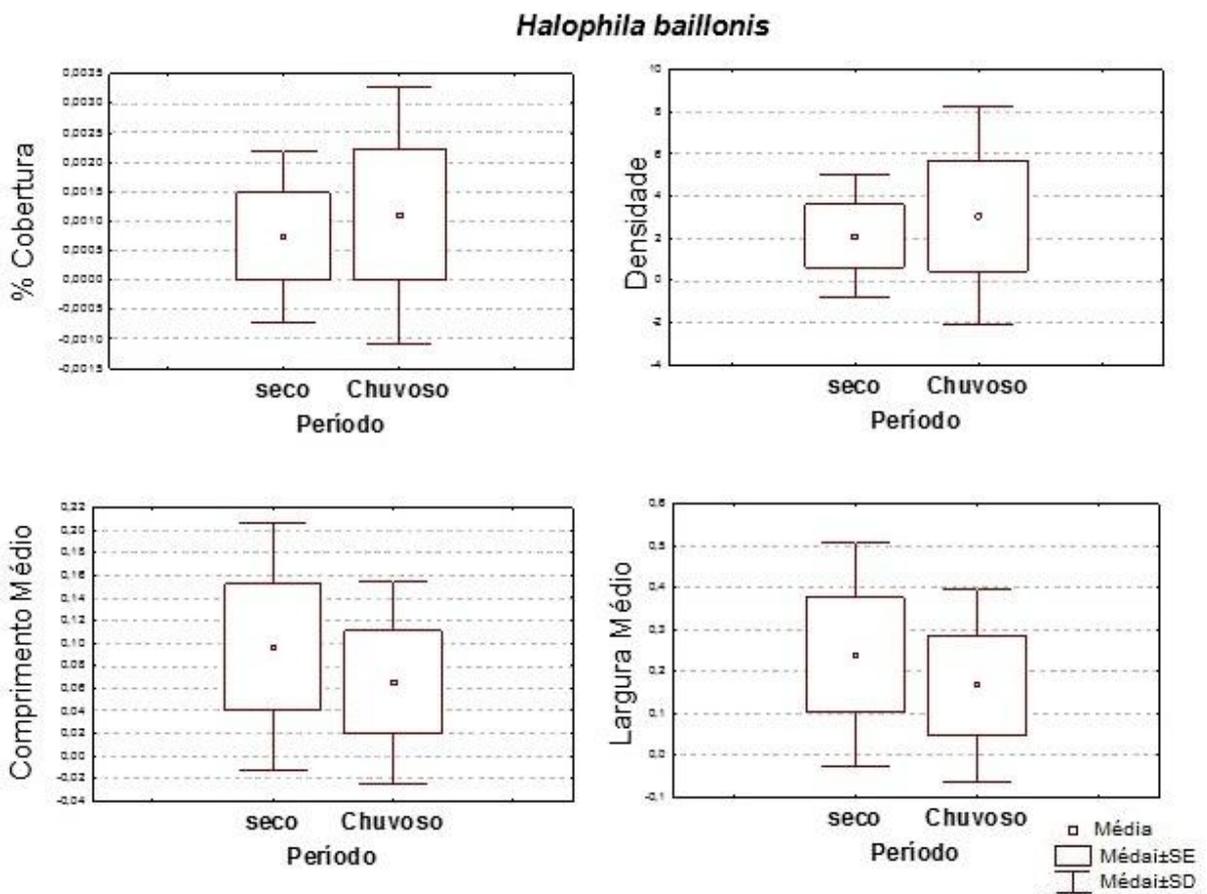
Figura 11 – Gráficos comparativos das variâncias *H. beaudettei* para biomassa aérea, subterrânea e total entre período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

Halophila baillonis é uma espécie pouco frequente área de estudo, ocorrendo em pequenas manchas, apenas no transecto 1 da subárea A. Esta subárea representa a extremidade mais inferior ao estuário no gradiente horizontal (A, B e C), ou seja, apresenta a maior influência marinha e está protegida por recife de arenito. As análises comparativas das variâncias ilustram que *Ha. baillonis* (Fig. 12) apresenta variação de percentual de cobertura e densidade no período chuvoso, bem como na média de comprimento e largura foliar, e biomassa subterrânea no período seco (Fig. 12 e 13).

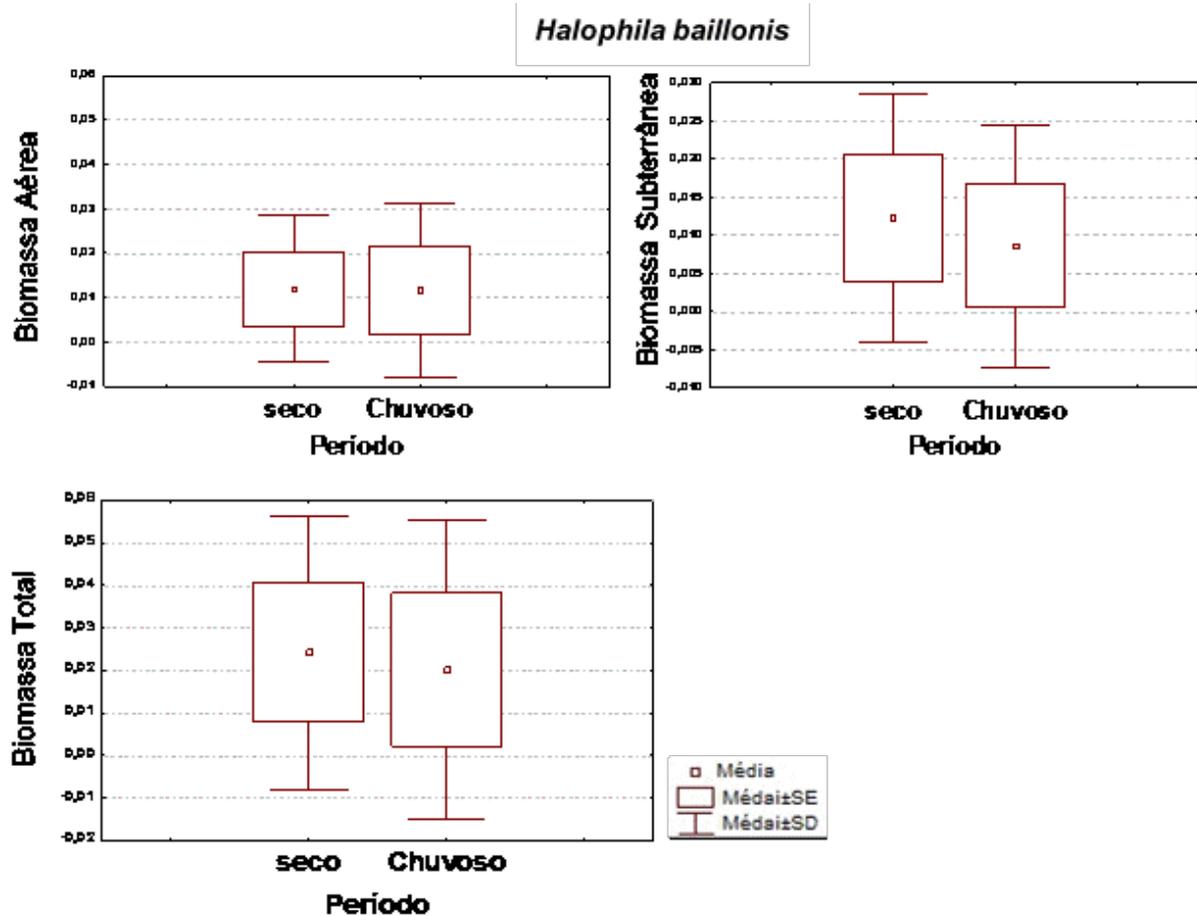
Figura 12 – Gráficos comparativos das variâncias *Ha. baillonis* para percentual de cobertura, densidade ($ind \cdot m^{-2}$) e morfologia foliar entre período (seco e chuvoso). Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

Considerando o conjunto de todos os dados biológicos e os três fatores espaço-temporais estudados (período, subárea e transecto), foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster), empregando-se o índice de similaridade de Bray-Curtis. A análise amostrou a formação de três grupos (Fig. 14), sendo estes representados pelo gradiente horizontal (A, B e C), com maior similaridade no grupo da subárea C. Duas amostras não se agruparam da subárea A,

Figura 13 – Gráficos comparativos das variâncias *Ha. baillonis* para biomassa aérea, subterrânea e total entre período (seco e chuvoso), áreas (A, B e C) e transectos (1, 2 e 3). Em pradaria multispecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



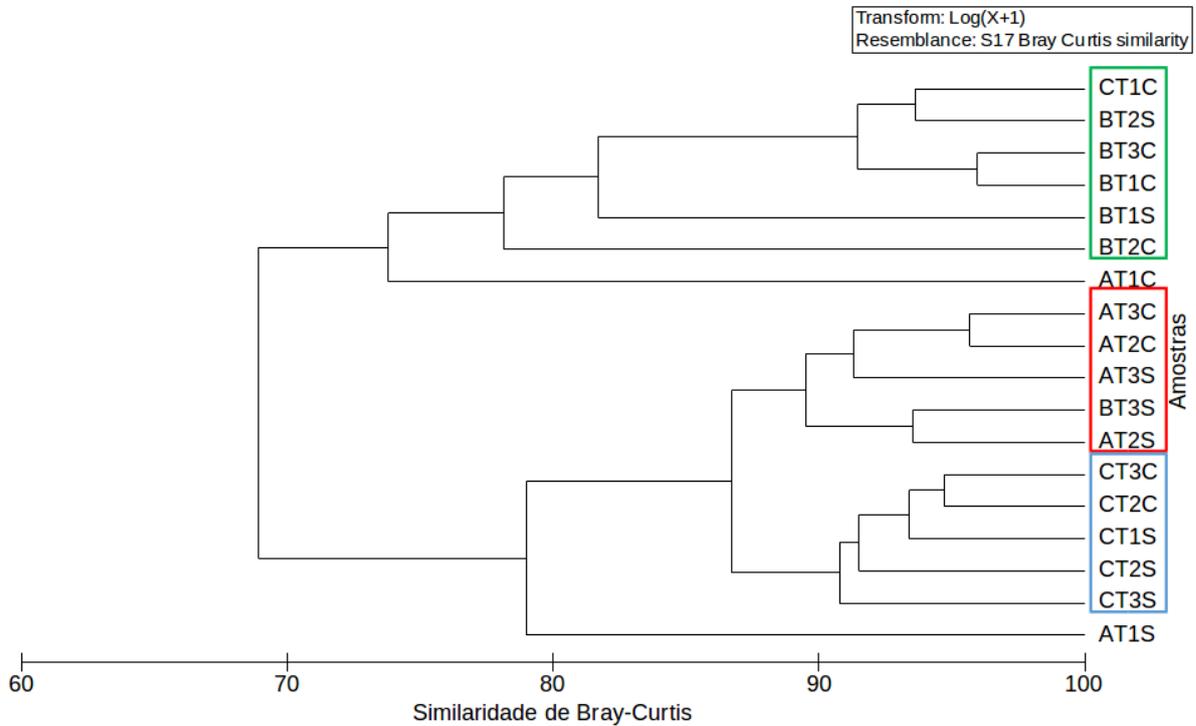
Fonte: A autora.

transectos 1 do período seco e chuvoso (AT1S e AT1C), esta subárea e transecto apresentam ocorrência das três espécies (*H. beaudettei*, *H. wirghtii* e *Ha. baillonis*) o que os diferem das demais subáreas estudadas na pradaria.

No MDS, foi possível observar a separação das amostras em relação aos períodos seco e chuvoso (Fig. 15 A), dois grupos por subárea, sendo o maior grupo formado principalmente pela subárea C. Entre os transectos, não foram evidenciados agrupamentos (Fig. 15 C). A diferença entre os fatores da análise de ANOSIM mostrou significância apenas entre as subáreas $P=1\%$ e $R= 0,308$.

O percentual de contribuição das variáveis (SIMPER) indicou que a similaridade entre as amostras do período seco foi de 80,41%, e foi atribuída principalmente pela densidade de *H. wirghtii* (31,5%) e percentual de cobertura (12,07%). O grupo das amostras do período chuvoso tem 76,31% de similaridade foi formado principalmente em função da densidade de *H. wirghtii* (38,72%) e percentual de cobertura (15,09%). A dissimilaridade para os períodos foi de

Figura 14 – Análise de agrupamento das amostras por período (S - seco, C - chuvoso), áreas (A, B, C) e transectos (1, 2, 3) com base nas variáveis biológicas obtidas ao longo do estudo, utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

23,85%, explicada pelas variáveis densidade (27,09%) e comprimento da folha de *H. beaudettei* (12,18%).

Entre as subáreas, a similaridade foi de 79,07%, sendo a subárea A distinta pela contribuição de 29,62% da densidade de *H. wirghtii* e 14,12% da densidade de *H. beaudettei*. A subárea B teve 78,38% de similaridade, sendo esta atribuída a densidade de *H. wirghtii* (40,86%) e perceptual de cobertura (16,54%). Na subárea C, a similaridade de 86,05% foi resultante da contribuição de 32,75% da densidade de *H. wirghtii* e 13,51% da densidade de *H. beaudettei*.

Correlação entre variáveis abióticas e bióticas

O resultado do teste BIOENV apontou que, dentre as variáveis ambientais avaliadas, três foram as que melhor explicaram as características biológicas da pradaria, sendo elas o índice de precipitação (IP), Salinidade (S) e finos totais (FT) com correlação ($r=0,757$) como mostra a tabela 4.

Figura 15 – Ordenamento por Escalonamento multidimensional (MDS) de todos os dados abióticos, amostrados no período seco e chuvoso, nas áreas A, B e C, e nos transectos 1, 2 e 3. Com as variáveis biológicas obtidas ao longo do estudo, utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis. Em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí.



Fonte: A autora.

Tabela 4 – Correlação entre as variáveis abióticas e a características das angiospermas marinhas, através da análise de BIOENV, do conjunto de dados obtidos em pradaria multiespecífica no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, Piauí – Brasil.

Número de variáveis	R	Seleções
3	0,757	IP - S FT
4	0,753	IP - S - TS - FT
3	0,722	IP - TS - FT
2	0,720	IP - FT
4	0,701	IP - S - TE - FT
5	0,699	IP - S - TE - FT
3	0,687	IP - S - TS
3	0,682	IP - TE - FT
4	0,679	IP - TS - TE - FT
2	0,674	IP - S

Fonte: A autora.

Discussão

Nos ecossistemas formados por angiospermas marinhas, uma gama de fatores ambientais, entre os quais temperatura e salinidade, determina os locais de ocorrência das espécies (DEN HARTOG, 1970; FONSECA; BELL, 1998).

Nesse estudo, médias precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima, insolação, velocidade do vento, salinidade, temperatura do sedimento e tempo de exposição ao ar apresentaram significativas variações entre os dois eventos de amostragem, relacionados aos períodos seco e chuvoso. Estes fatores são descritos como determinadores das mudanças em pradarias marinhas, seja em relação aos caracteres morfológicos (tamanho de folhas, raízes e rizomas) como em biomassa e densidade (MAGALHÃES; ESKINAZI-LEÇA; JUNIOR, 1997; OLIVEIRA et al., 1997).

Outras variáveis abióticas analisadas não apresentaram variações significativas no teste aplicado, mas variações de valores foram observadas entre os períodos. É conhecido que pequenas variações ambientais podem exercer influência sobre os organismos (CREED; KINUPP, 2011; BARROS; JARDIM; ROCHA-BARREIRA, 2013). Em pradarias marinhas, tais mudanças são atribuídas às variações diretas da sazonalidade (por exemplo temperatura, chuvas etc.) e às variações indiretas como aumento de turbidez, aporte de sedimento, variações de salinidade e outras (DEN HARTOG, 1970; FONSECA; BELL, 1998).

Em menores escalas (subáreas e transectos) dentro de um gradiente horizontal, alguns destes fatores mencionados acima também apresentaram variações independente do período seco ou chuvoso. Barros, Jardim e Rocha-Barreira (2013) também observaram variações entre diferentes bancos e as relacionaram com as características do habitat. Embora no presente estudo tenha sido considerado uma única pradaria, observou-se que as subáreas avaliadas apresentaram características próprias e tiveram comportamentos distintos ao longo do período de estudo, caracterizando mudanças ao longo de um gradiente horizontal (A, B e C) e, mais discretamente, vertical (T1, T2, T3).

A classificação de tipos sedimentos (Apêndice I), formados principalmente de areia lamosa, foi o esperado para uma região de foz estuarina, em especial do Complexo Estuarino Timonha/Ubatuba que compreende uma das maiores áreas de manguezal do Nordeste (NASCIMENTO; SASSI, 2009). As variações relacionadas aos períodos seco e chuvoso, com maior concentração de cascalho e finos totais (lama, silte e argila) durante a estação de chuva, e de areia durante o seco foram características, considerando a área de foz, onde as variações no fluxo de água doce modificam o transporte e deposição de sedimento ao longo do ciclo de chuvas. Tais resultados confirmam o observado por Dias (2005), que também verificou uma variação entre os percentuais de cascalho e finos na mesma região, relacionada ao período seco e chuvoso.

Percentual de matéria orgânica (M.O.) e Carbonatos (CaCO₃) observados foram

maiores no período seco, quando a maior biomassa aérea de *Halodule wrightii* e *H. beaudettei* também foi observada (Fig. 8 e 11). A biomassa aérea reflete o tamanho vertical da pradaria, a qual proporciona maior sedimentação (por aprisionamento) de menores partículas suspensas pelas correntes e movimento das ondas (BARROS; UNDERWOOD; LINDEGARTH, 2001; KOCH, 2001; SELIG et al., 2007; OMENA; CREED, 2004; FONSECA; FISHER, 1986). Assim, valores biomassa área maiores no período seco podem ter influenciado o aporte de matéria orgânica no sedimento que concentraram maiores valores neste período. Oliveira et al. (1997) afirmaram que ambientes vegetados concentram maiores valores de matéria orgânica que os ambientes sem cobertura vegetal. O aporte de matéria orgânica em pradarias é tido como uma importante fonte para manutenção do equilíbrio desse ecossistema (SHORT, 1987; HUANG et al., 2006; ??).

Angiospermas marinhas são restritas a determinadas condições de correntes, salinidade, turbidez e substratos (OLIVEIRA et al., 1997), porém também atuam sobre característica do ambiente, alterando as condições ambientais (HEMMINGA; DUARTE, 2000).

A espécie *H. wrightii* parece responder mais intensamente as variações ambientais de estiagem e chuvas. Tais variações sazonais também foram descritas por MAGALHÃES, ESKINAZI-LEÇA e JUNIOR (1997), Oliveira et al. (1997), Creed (1997), Creed e Filho (1999), Creed, Monteiro et al. (2000), Barros e ROCHA-BARREIRA (2013), sejam em termos de percentual de cobertura, densidade, comprimento e largura foliar, biomassa área e subterrânea, corroborando com o observado neste estudo.

O aumento na cobertura, densidade, comprimento e largura foliar, e biomassa total de *H. wrightii* foi observado principalmente no período chuvoso (abril) por MAGALHÃES, ESKINAZI-LEÇA e JUNIOR (1997); Creed, Monteiro et al. (2000) e Barros e ROCHA-BARREIRA (2013) no nordeste e sudeste do Brasil, o que corresponde ao período de menor exposição ao sol, com aumento de nuvens e menores índices de irradiação solar. Embora seja esperado um aumento do aporte de água doce neste período, que causaria diminuição da salinidade, *H. wrightii* é, segundo estes autores, a espécie de angiosperma marinha mais tolerante a essa variação.

O aumento das variáveis analisadas de *H. wrightii* concentrou-se principalmente na subárea A (mais próxima à foz), ou seja, com maior influência marinha e nos transectos intermediários (centro da pradaria), que são mais protegidos do efeito de borda (perda de indivíduos), que consiste em maior severidade das variações ambientais nas margens da pradaria.

O aumento das biomassas aérea e subterrânea de *H. wirghtii* estão inversamente relacionados, sendo que o aumento de um parece resultar na diminuição do outro, efeito também observado por MAGALHÃES, ESKINAZI-LEÇA e JUNIOR (1997); Creed, Monteiro et al. (2000) e Barros e ROCHA-BARREIRA (2013). 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. A presença de maiores valores na biomassa subterrânea representa uma alta capacidade de fixação e ocorrem em condições de maior hidrodinâmica e sedimentos pobres em matéria orgânica (WICKS et al., 2009).

No presente estudo, a biomassa aérea foi maior no seco e na subárea A, quando e onde a influência marinha foi maior e movimento das ondas de maior intensidade. Esse batimento de ondas poderia ocasionar uma diminuição da biomassa aérea. No entanto, esta subárea é protegida por um recife de arenito, que deve diminuir o efeito das ondas sobre a subárea A. No período seco, a vazão dos rios é menor ou quase inexistente (MORAIS; DIAS; PINHEIRO, 2014), não promovendo grandes forças do fluxo fluvial.

Halodule beaudettei apresentou maiores valores de cobertura, densidade, comprimento e largura das folhas, biomassa aérea e subterrânea no período seco, indicado que as variações ambientais decorrentes do período de chuvas podem exercer alguma influência negativa sobre sua população. Esta espécie apresentou variações significativas no gradiente horizontal (A, B e C), demonstrando sua relação com esse gradiente. *H. beaudettei* concentrou os maiores valores de cobertura na subárea A (mais próxima à foz) e subárea C (mais interna no estuário). Já, em relação ao gradiente vertical (transectos), sua variação somente foi significativa para o percentual de cobertura, tendo o transecto T3 os valores mais elevados. Os valores de densidade variaram principalmente entre o transecto T1, com valores mais baixos, e transectos 2 e 3. A ocorrência e dominância em locais mais expostos durante maré baixa foi por Virnstein (1995).

Halodule beaudettei parece apresentar uma resposta oposta a variação de *H. wirghtii* em relação ao percentual de cobertura, comprimento e largura das folhas entre períodos. Para outras variáveis não foi possível observar esse comportamento entre as variâncias.

Halophila baillonis foi pouco abundante na pradaria estudada, sendo, percentual de cobertura e densidade variáveis com maior variância no período chuvoso e comprimento, largura foliar e biomassa subterrânea no período seco. Segundo diversos autores, esta espécie é considerada rara e muito sensível às variações ambientais (SHORT et al., 2006b; BARROS;

COSTA; ROCHA-BARREIRA, 2014; MAGALHÃES; BORGES; PITANGA, 2015), sendo a sua ocorrência conhecida para áreas abrigadas rasas de fundo lamoso ou de areia (DEN HARTOG, 1970). Embora grandes prados monoespecíficos sejam citados para o Caribe (SHORT et al., 2006b), no Brasil sua ocorrência é restrita, fragmentada e em pequenas densidades (OLIVEIRA FILHO et al., 1983; BARROS; COSTA; ROCHA-BARREIRA, 2014; MAGALHÃES; BORGES; PITANGA, 2015), tal como observado neste estudo.

As variações totais de biomassa foram observadas para todas as espécies estudadas, com maiores valores no período seco e subárea A, onde há uma maior influência marinha, com menores tempo de exposição ar e com abrigo por recifes de arenito, que formam poças de maré que minimizam o pouco efeito da exposição, indicam que essa área pode apresentar melhores condições para desenvolvimento das espécies. Diferentes estudos no nordeste do Brasil relataram que áreas abrigadas parecem favorecer as angiospermas (MAGALHÃES; ESKINAZI-LEÇA; JUNIOR, 1997; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS et al., 2014; PITANGA et al., 2012). Os menores valores na subárea B, independente do período, podem estar relacionados com a intensa circulação e ancoragem de embarcações não motorizadas, uma vez que esta área é utilizada como ponto de partida e ancoragem por pescadores artesanais da região a décadas (observação pessoal). O efeito da embarcações e ancoragens já foi descrito como negativo para as pradarias marinhas por vários autores (CREED; FILHO, 1999; FRANCOUR; GANTEAUME; POULAIN, 1999).

Considerando a distribuição espacial das espécies na pradaria, e o gradiente vertical de exposição ao ar, as espécies estão melhor distribuídas na subárea A, onde ocorrem *H. beaudettei*, *H. wirghtii*, *Ha. baillonis*, sendo apenas *Ha. baillonis* restrita a subárea A e ao Transecto 1.

Conclusão

A pradaria de angiospermas marinhas observada no Complexo Estuarino Timonha/Ubatuba apresentou variações entre os períodos seco e chuvoso, tais variações foram resultantes das variações nas médias precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima, insolação, velocidade do vento, salinidade, temperatura do sedimento e tempo de exposição ao ar;

O efeito da sazonalidade de chuvas sobre a pradaria foi percebido quanto ao percentual de cobertura, densidade, morfometria e biomassa em todas as espécies de angiospermas.

As subáreas avaliadas apresentaram características próprias e tiveram comportamen-

tos distintos ao longo do período de estudo, caracterizando mudanças ao longo de um gradiente horizontal (A, B e C) e, mais discretamente, vertical (T1, T2, T3).

As espécies de angiospermas marinhas estiveram mais homogeneamente distribuídas na subárea A, a jusante no prado e com menor tempo de exposição ao ar, onde ocorreram *H. beaudettei*, *H. wirghtii*, *Ha. baillonis*, sendo apenas *Ha. baillonis* restrita a subárea A.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. S. **Estrutura da Macroepifauna Vágil no Ecossistema *Halodule wrightii* da Ilha de Itamaracá, Nordeste do Brasil.** 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia) — Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- BARROS, F.; UNDERWOOD, A. J.; LINDEGARTH, M. The influence of rocky reefs on structure of benthic macrofauna in nearby soft-sediments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier, v. 52, n. 2, p. 191–199, 2001.
- BARROS, K.; COSTA, F.; ROCHA-BARREIRA, C. A *Halophila baillonis* Ascherson bed on the semiarid coast of Brazil. **Feddes Repertorium**, Wiley Online Library, v. 125, n. 3-4, p. 93–97, 2014.
- BARROS, K.; JARDIM, J.; ROCHA-BARREIRA, C. 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.; ALMEIDA, R. B. C.; MAGALHAES, K. M. Ecology of Brazilian seagrasses: Is our current knowledge sufficient to make sound decisions about mitigating the effects of climate change. **Iheringia Série Botânica**, v. 68, p. 155–70, 2014.
- BARROS, K. V. S. et al. Variações no prado de *Halodule wrightii* Ascherson e macrofauna associada na praia da pedra rachada, Paracuru, Ceará–Brasil. **Revista de Educação Científica e Cultural**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 2014.
- BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Caracterização da dinâmica espaço-temporal da macrofauna bentônica em um banco de *Halodule wrightii* Ascherson (Cymodoceaceae) por meio de estratificação. **Rev. Nord. Zool**, v. 4, n. 1, p. 73–81, 2009.
- BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Responses of the molluscan fauna to environmental variations in a *Halodule wrightii* Ascherson ecosystem from northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 85, n. 4, p. 1397–1410, 2013.
- BRASIL. Decreto S/N, De 28 De Agosto De 1996. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, nos Estados do Piauí, Maranhão, e Ceará, e dá outras providências. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF: [s.n.], 1996. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior%a%2000/1996/dnn4368.htm>. Acesso em: 15 jun 2015.

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.

COPERTINO, M. S. et al. Monitoramento dos fundos vegetados submersos (pradarias submersas). In: TURRA, A.; DENADAI, M. R. (Ed.). **Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos**. São Paulo: [s.n.], 2015.

CREED, J. C. Morphological variation in the seagrass *Halodule wrightii* near its southern distributional limit. **Aquatic botany**, Elsevier, v. 59, n. 1-2, p. 163–172, 1997.

CREED, J. C.; FILHO, G. M. A. Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. **Journal of experimental marine biology and ecology**, Elsevier, v. 235, n. 2, p. 285–306, 1999.

CREED, J. C.; KINUPP, M. Small scale change in mollusk diversity along a depth gradient in a seagrass bed off Cabo Frio, (Southeast Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, SciELO Brasil, v. 59, n. 3, p. 267–276, 2011.

CREED, J. C.; MONTEIRO, R. L. d. C. et al. An analysis of the phenotypic variation in the seagrass *Halodule wrightii* Aschers. **Leandra**, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, n. 15, p. 1–9, 2000.

DEN HARTOG, C. The sea-grasses of the world. **Verh. kon. ned. Akad. Wet., Afd. Natuurkunde**, v. 59, n. 1, p. 275, 1970.

DIAS, C. B. **Dinâmica Do Sistema Estuarino Timonha / Ubatuba (Ceará – Brasil): Considerações Ambientais**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) — Laboratório de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

FONSECA, M. S.; BELL, S. S. Influence of physical setting on seagrass landscapes near Beaufort, North Carolina, USA. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 109–121, 1998.

- FONSECA, M. S.; FISHER, J. S. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 15–22, 1986.
- FRANCOUR, P.; GANTEAUME, A.; POULAIN, M. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park(north-western Mediterranean Sea). **Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems**, v. 9, n. 4, p. 391–400, 1999.
- HEMMINGA, M. A.; DUARTE, C. M. **Seagrass ecology**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2000.
- HUANG, X. et al. Main seagrass beds and threats to their habitats in the coastal sea of South China. **Chinese Science Bulletin**, Springer, v. 51, n. 2, p. 136–142, 2006.
- JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1986. v. 2.
- KOCH, E. W. Beyond light: physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. **Estuaries**, Springer, v. 24, n. 1, p. 1–17, 2001.
- MAGALHÃES, K. M.; BORGES, J. C. G.; PITANGA, M. E. *Halophila baillonis* Ascherson: first population dynamics data for the southern hemisphere. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 87, n. 2, p. 861–865, 2015.
- 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.
- MORAIS, J. O.; DIAS, C. B.; PINHEIRO, L. S. Depuration capacity of the Timonha-Ubatuba estuarine system, in Ceará state, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 47, n. 1, p. 30–37, 2014.
- 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.
- OLIVEIRA, E. C. et al. Phenology of a seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the Southeast coast of Brazil. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 56, n. 1, p. 25–33, 1997.

- OLIVEIRA FILHO, E. C. et al. The Brazilian seagrasses. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 16, n. 3, p. 251–267, 1983.
- OMENA, E.; CREED, J. C. Polychaete fauna of seagrass beds (*Halodule wrightii* Ascherson) along the coast of Rio de Janeiro (Southeast Brazil). **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 25, n. 4, p. 273–288, 2004.
- ORTH, R. J. et al. A global crisis for seagrass ecosystems. **Bioscience**, Oxford University Press, v. 56, n. 12, p. 987–996, 2006.
- PHILLIPS, R. The seagrass ecosystem and resources in latin America. In: **Coastal plant communities of Latin America**. [S.l.]: Elsevier, 1992. p. 107–121.
- PITANGA, M. E. et al. Quantification and classification of the main environmental impacts on a *Halodule wrightii* seagrass meadow on a tropical island in northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 84, n. 1, p. 35–42, 2012.
- PULICH, W. M. Seasonal growth dynamics of *Ruppia maritima* Lsl and *Halodule wrightii* Aschers. in southern Texas and evaluation of sediment fertility status. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 53–66, 1985.
- SELIG, U. et al. The influence of sediments on soft bottom vegetation in inner coastal waters of Mecklenburg-Vorpommern (Germany). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier, v. 71, n. 1-2, p. 241–249, 2007.
- SHORT, F. et al. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Elsevier, 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. Occurrence of *Halophila baillonii* meadows in Belize, Central America. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 85, n. 3, p. 249–251, 2006.
- SHORT, F. T. et al. Seagrassnet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 27, n. 4, p. 277–289, 2006.
- SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. [S.l.]: Edgard Blücher, 1973.

WAYCOTT, M. 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.

WEINBERG, S. A comparison of coral reef survey methods. **Bijdragen tot de Dierkunde**, Citeseer, v. 51, n. 2, p. 199–218, 1981.

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.

4 EFEITO DA HETEROGENEIDADE DE HABITAT SOBRE A MACROFAUNA ASSOCIADA ÀS ANGIOSPERMAS MARINHAS EM UM ESTUÁRIO DA COSTA SEMIÁRIDA DO BRASIL

RESUMO

O efeito da heterogeneidade ambiental e ao longo de um gradiente ambiental sobre a macrofauna bentônica associada a uma pradaria multiespecífica do Complexo Estuarino Timonha/Ubatuba, Piauí, Brasil foi avaliado. Para isso, foram demarcadas três subáreas A (jusante), B (região central da pradaria) e C (montante), seguindo um gradiente ambiental horizontal da foz, em direção ao rio. Foram instalados três transectos com 30 m, paralelos à linha d'água na maré baixa, ao longo do gradiente de exposição da pradaria, amostras da vegetação e fauna coletadas, utilizando-se coletor de PVC, para posterior análise de densidade ($hastes \cdot m^{-2}$) e biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$) das angiospermas e identificação faunística. Um total de 18 amostras foram coletadas em cada subárea, durante duas amostragens. Os dados de altura do dossel, percentual de cobertura, densidade e biomassa total das angiospermas marinhas foram utilizados para verificar a variância entre as três subáreas (A, B e C) empregando-se análises de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis (KW). A heterogeneidade de ambiental fornecida pelas angiospermas marinhas foi verificada pela Análise de Componentes Principais (PCA). A comunidade da macrofauna foi descrita quanto a composição de espécies e descritores ecológicos (S, N, D, J' e H' (log)) em cada subárea, considerando o total dos três grupos faunísticos (moluscos, crustáceos e poliquetas). Os caracteres da vegetação e os descritores da macrofauna foram submetidos à análise de correlação de Spearman para verificar quais aqueles que mais influenciam a fauna. As subáreas diferiram significativamente em valores de biomassa, sendo esta também um dos componentes principais da heterogeneidade na pradaria evidenciada pela PCA. Foram coletados 1.204 indivíduos pertencentes a 89 espécies da macrofauna bentônica e distribuídos entre moluscos, crustáceos e poliquetas. Os moluscos foram os mais diversos e abundantes. A riqueza específica variou significativamente entre as subáreas, sendo a subárea A a mais heterogênea e com maiores índices dos descritores da macrofauna. A hipótese da heterogeneidade ambiental foi confirmada pelos os descritores da comunidade da fauna em relação as diferentes subáreas da pradaria.

Palavras-chave: Biomassa. Heterogeneidade. Molusco. Pradaria marinha.

Introdução

A heterogeneidade de habitat proposta inicialmente por Simpson, Sutherland e Blackwell (1949) e MacArthur e MacArthur (1961), sustenta que, na natureza, ambientes mais heterogêneos abrigam uma maior diversidade de espécies. A hipótese da heterogeneidade propõe que habitats de maior complexidade estrutural promovem uma maior variedade de micro habitats, uma maior variedade de recursos e formas de exploração destes recursos, aumentando assim a diversidade de espécies no ambiente (ALVES et al., 2013; SIMPSON; SUTHERLAND; BLACKWELL, 1949; MACARTHUR; MACARTHUR, 1961; MACARTHUR; WILSON, 1967; LACK, 1969; BAZZAZ, 1975).

A comunidade vegetal é considerada como determinante da estrutura física ambiental, desempenhando importante influência sobre a distribuição e interação dos animais (MACARTHUR; MACARTHUR, 1961; MCCOY; BELL, 1991; TEWS et al., 2004). Já as angiospermas marinhas são como engenheiras ambientais, pois promovem mudanças físicas e biogeoquímicas nos locais onde ocorrem (FONSECA; FISHER, 1986; MURRAY; DENNISON; KEMP, 1992), alterando as características do solo e da água (PULICH, 1985; FONSECA; BELL, 1998; COSTANZA et al., 1997), embora também sofram grandes perdas causadas pelas alterações ambientais de origem exógenas, que sejam naturais ou antrópicas (COLLIER et al., 2014; SHORT et al., 2006b; WAYCOTT et al., 2009; PITANGA et al., 2012; BARROS; ALMEIDA; MAGALHAES, 2014).

As pradarias formadas por angiospermas marinhas são importantes para vida costeira como fonte de abrigo para animais como peixes e invertebrados, são fonte de alimento para peixes, moluscos, crustáceos, tartarugas marinhas (PHILLIPS, 1992; MAGALHÃES; ESKINAZI-LEÇA; JUNIOR, 1997; HEMMINGA; DUARTE, 2000; SHORT et al., 2007) e para os únicos mamíferos aquáticos herbívoros do mundo, os sirênios (Idots, ; CHOI et al., 2009; ALVES et al., 2013). Estas são também substrato para fixação de outros organismos epifíticos como invertebrados e macroalgas (HEMMINGA; DUARTE, 2000; SHORT et al., 2007).

Estudos relatam que pradarias marinhas são ambientes com grande diversidade faunística, em especial, quando comparadas às áreas não vegetadas (ORTH; HECK; VAN MONTFRANS, 1984; CORBISIER, 1994; NAKAOKA; TOYOHARA; MATSUMASA, 2001). Os invertebrados marinhos e as macroalgas ocupam diferentes nichos nesse substrato, estando presentes nas folhas, raízes e rizomas (ALVES; ARAÚJO, 1999; BARROS; JARDIM; ROCHA-

BARREIRA, 2013; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2009; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013).

Ao longo do litoral brasileiro, a maioria dos estudos, que investigam a diversidade e estrutura da fauna em ambiente em pradaria de angiospermas marinhas, é mais frequente em pradarias monoespecíficas de *H. wrightii* (ALVES; ARAÚJO, 1999; OMENA; CREED, 2004; PEREIRA; FERREIRA; REZENDE, 2010; CREED; KINUPP, 2011; BARROS; JARDIM; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2009; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS et al., 2014), *Ha. decipiens* (CASARES; CREED, 2008) e *Ruppia marítima* (GARCIA et al., 1996; ROSA; BEMVENUTI, 2007). Os moluscos, poliquetas e crustáceos estão entre os organismos bentônicos associados mais estudados e que apresentam as maiores assembleias nas pradarias avaliadas.

Esses estudos utilizam complexidade estrutural da vegetação (morfometria, densidade, biomassa etc) e variáveis abióticas (temperatura, exposição, salinidade etc), para descrever os bancos ou pradarias de angiospermas. A seleção de tais parâmetros é arbitrária e depende do local e características do estudo. Tews et al. (2004), avaliando diferentes tipos de trabalho com base na heterogeneidade de habitat, concluiu que a análise comparativa de vários tipos de medidas da heterogeneidade é a forma mais indicada para descrever a heterogeneidade de um local e sua influência sobre a diversidade de espécies.

Considerando o exposto, este estudo teve como objetivo caracterizar o efeito da heterogeneidade ambiental em uma pradaria multiespecífica, ao longo de um gradiente ambiental, sobre a macrofauna bentônica de moluscos, poliquetas e crustáceos associados à pradaria marinhas no complexo estuarino Timonha/Ubatuba, Piauí – Brasil.

Material e métodos

Área de estudo

O estuário dos rios Timonha e Ubatuba, situado na porção leste do Piauí, entre a latitude de 02° 56' 18" S e longitude 41° 19' 21" O pertence a Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba (BRASIL, 1996), que envolve todo o litoral do Piauí e partes do Maranhão e Ceará, corresponde ao único Delta em mar aberto das Américas.

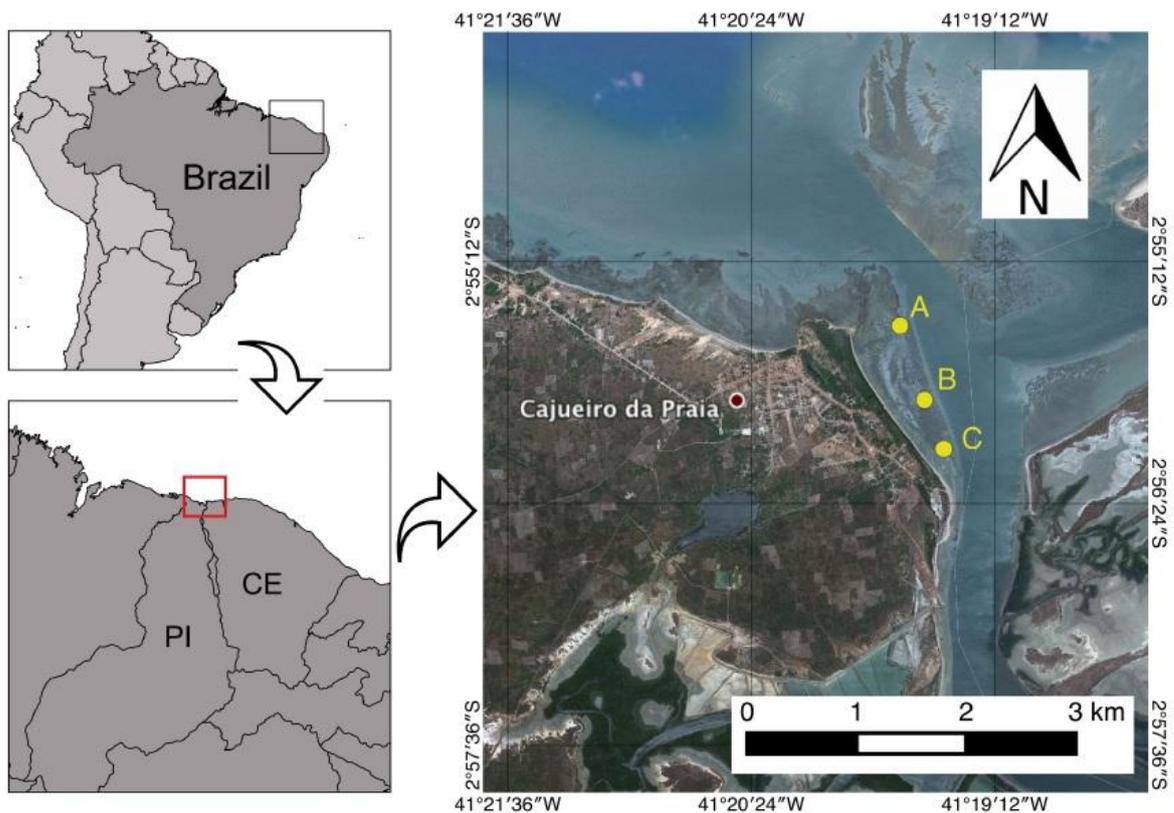
O sistema estuarino Timonha e Ubatuba está localizado na costa semiáridas do Brasil, situado em região de mesomare, com influências de marés semi-diurnas com amplitudes de 3,4

m em marés de sizígia (DIAS, 2005; MORAIS; DIAS; PINHEIRO, 2014).

O clima na região é segundo a classificação de Köppen do tipo Aw, com estação quente e chuvosa no verão e seca moderada no inverno (JACOMINE, 1986), a temperatura média anual de 28 °C médias máximas 32°C e mínimas de 23°C (JACOMINE, 1986; NASCIMENTO; SASSI, 2009), e precipitações média anual de cerca de 1.069 mm, com chuvas irregulares, com maior concentração nos meses de março, abril e maio (3/4 do total anual) e menores em setembro, outubro e novembro (NASCIMENTO; SASSI, 2009).

A área de coleta é uma pradaria tem cerca de 1,06 km de extensão e está situada em planície de maré na foz, que é única para os dois rios, na divisa dos estados do Piauí e Ceará (Fig. 16).

Figura 16 – Localização da área de estudo. Foz dos rios Timonha e Ubatuba na divisa dos estados do Piauí e Ceará, Nordeste, Brasil. A – Subárea a jusante; B – Subárea central e C – Subárea a montante.



Fonte: A autora.

Amostragem

Para a realização deste estudo, foram demarcadas três subáreas A (montante), B (centro da pradaria) e C (jusante), em um prado multiespecífico localizado em uma planície de maré, seguindo um gradiente ambiental horizontal da foz, em direção ao rio. Em cada subárea, um gradiente ambiental vertical, relacionado ao tempo em que a pradaria fica exposta ao ar (margem em direção ao leito do rio), foi definido. Assim, ao longo das subáreas, foram instalados três transectos com 30 m de comprimento, paralelos à linha d'água na maré baixa, sendo o Transecto 1 (T1): mais próximo do rio; o Transecto 2 (T2): na região intermediária; e o Transecto 3 (T3): mais superior, em relação à margem do rio (adaptado de Copertino et al. (2015)).

Em cada transecto, seis pontos foram sorteados e os dados de percentual de cobertura, altura do dossel amostrado. O percentual de cobertura foi obtido utilizando o elemento amostral quadrado (50 x 50 cm) segundo o modelo de Weinberg (1981). Fora dos quadrados, mas em feição similar e próxima, amostras da vegetação e fauna contendo sedimento foram removidas, utilizando-se coletor de PVC de 10 cm de diâmetro, enterrado a 15 cm de profundidade, para posterior análise de densidade ($hastes \cdot m^{-2}$) e biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$) das espécies de angiospermas e identificação e diversidade faunística. Um total de 18 amostras foram coletadas em cada subárea, durante duas amostragens, uma no período seco (novembro de 2014) e outra no chuvoso (abril de 2015). Para efeito deste estudo, as amostras dos transectos, assim como os dois períodos de amostragem, foram consideradas como réplicas das subáreas da pradaria.

Os dados de tempo de exposição ao ar, matéria orgânica e carbonatos presente no sedimento foram obtidos em cada um dos três transectos de cada subárea, conforme descrito no segundo capítulo dessa dissertação.

Processamento do material

As amostras coletadas foram transportadas ao Laboratório de Zoobentos do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (Labomar/UFC), onde foram tratadas segundo o procedimento padrão (ver capítulo 2) e identificadas, com auxílio de um microscópio óptico, lupa estereomicroscópica binocular e literatura especializada.

Para esse estudo, as angiospermas foram analisadas quanto à densidade de hastes, altura do dossel percentual de cobertura e biomassa. Para densidade, parte aérea (brotos/hastes) e subterrânea (raízes/rizomas) das plantas foram separadas para verificar o número de hastes por

amostra, obtendo-se a densidade ($hastes \cdot m^{-2}$). As partes aérea e subterrânea foram secas em estufa com temperatura de 60°C, por 48h, para obtenção da massa seca das plantas em gramas de peso seco, por metro quadrado ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$).

Análises estatísticas

Os dados de altura do dossel, percentual de cobertura, densidade e biomassa total das angiospermas marinhas foram testados quanto a normalidade e homocedasticidade e, devido ao não cumprimento destes pressupostos, para caracterizar as subáreas foram realizadas análises de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis (KW) para verificar a variância entre as três subáreas (A, B e C) da pradaria. Para mensurar a heterogeneidade de ambiental fornecida pelas angiospermas marinhas, uma Análise de Componentes Principais (PCA) dos dados das plantas (altura do dossel, percentual de cobertura, densidade, biomassa) e ambientais (tempo de exposição ao ar na maré baixa, percentual matéria orgânica e CaCO₃ no sedimento) foi utilizada para identificar quais as variáveis que melhor caracterizam a heterogeneidade do habitat.

Para caracterizar a comunidade da macrofauna presente na pradaria, os descritores ecológicos: S - número de espécies, N - número de indivíduos, d – Riqueza de Margalef, J' - Equitabilidade de Pielou e H' – Diversidade de Shannon foram obtidos para toda a pradaria e para cada subárea, considerando o total dos três grupos faunísticos (moluscos, crustáceos e poliquetas).

Para verificar quais variáveis da vegetação (altura do dossel, % cobertura, densidade, biometria e biomassa) mais influenciaram os descritores da macrofauna, uma análise de correlação de Spearman foi aplicada para toda a pradaria.

As análises de variância das variáveis da heterogeneidade vegetal foram realizadas no programa Statistica ®, versão 7.0, e Análise de Componentes Principais no utilizando o software PAST Versão 3.11. Os descritores da fauna foram obtidos no programa estatístico Primer (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research), versão 6.1.6.

Resultados

Heterogeneidade ambiental

Foram coletadas um total de 108 amostras da flora e fauna em uma pradaria multiespecífica, subdividida em três subáreas ao longo de um gradiente horizontal (mar - rio).

A subárea A (jusante) é caracterizada por maior influência marinha, com menor tempo de exposição ao ar, é parcialmente abrigada por recifes de arenito e concentra a presença de quatro espécies de angiospermas marinha (*Halodule beaudettei*, *Halodule wrightii*, *Halophila baillonis* e *Halophila decipiens*), além da presença de nove espécies de algas marinhas (*Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V.Lamouroux, *Caulerpa mexicana* Sonder ex Kützing, *C. cupressoides* (Vahl) C.Agardh, *C. scalpelliformis* (R.Brown ex Turner) C. Agardh, *C. racemosa* (Forsskål) J. Agardh, *Enantiocladia duperreyi* (C.Agardh) Falkenberg, *Jania adhaerens* J.V.Lamouroux, *Acanthophara spicifera* (M.Vahl) Børgesen e *Acetabularia calyculus* J.V.Lamouroux).

A subárea B corresponde à porção central da pradaria que é composta pelas espécies *H. beaudettei* e *H. wrightii*. A subárea C é a mais interna no estuário e nela foram observadas e coletadas as espécies *H. beaudettei* e *H. wrightii*. Esta subárea apresenta o maior tempo de exposição ao ar durante as marés baixas. Todas as subáreas são utilizadas para pesca artesanal de moluscos, crustáceos e peixes.

Com a finalidade de caracterizar a pradaria sob a perspectiva da heterogeneidade ambiental, as médias de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), entre subáreas do gradiente ambiental foram graficamente demonstradas (Fig. 17 a, b e Fig. 18 a, b).

Considerando os valores médios totais das variáveis analisadas, apenas a biomassa total (KW= 7,6257, P= 0,0221) apresentou variância significativa entre as subáreas (Fig. 18 a). Graficamente, entretanto, observa-se que a subárea A apresentou os maiores valores altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), quando comparadas com as demais subáreas.

A porção central da pradaria (subárea B) também concentrou valores altos de biomassa e densidade, caracterizando uma zona intermediária no prado. A porção mais interna no estuário (subárea C) apresentou menores valores de densidade e biomassa total, sendo apenas os valores de altura do dossel e percentual de cobertura semelhantes àqueles observados na subárea B. As diferenças entre as subáreas seguem o gradiente horizontal do mar em direção ao rio.

Uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada a fim de observar o comportamento das variáveis ambientais, aqui representados pela altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição (minutos), matéria orgânica (%) e carbonatos (%), mensuradas durante o período de estudo (ver capítulo 2), para comprovar a formação de grupos distintos das variáveis entre as subáreas.

O primeiro eixo da PCA explicou 75,7% da variação ambiental/ heterogeneidade (Fig. 19) da pradaria e apresentou a biomassa como o componente de maior peso (0,73233), seguida da densidade (0,52821). O segundo eixo da PCA evidenciou apenas 11,6% da heterogeneidade ambiental, os componentes principais do eixo foram o percentual de cobertura (0,66764) e altura do dossel (0,51183).

A análise apresentou uma tendência de separação entre as subáreas, onde A está situada principalmente do lado direito do eixo 2 e a subárea C está à esquerda do eixo 1, sendo B uma subárea intermediária entre estas e com maiores pontos de dispersão em relação aos demais.

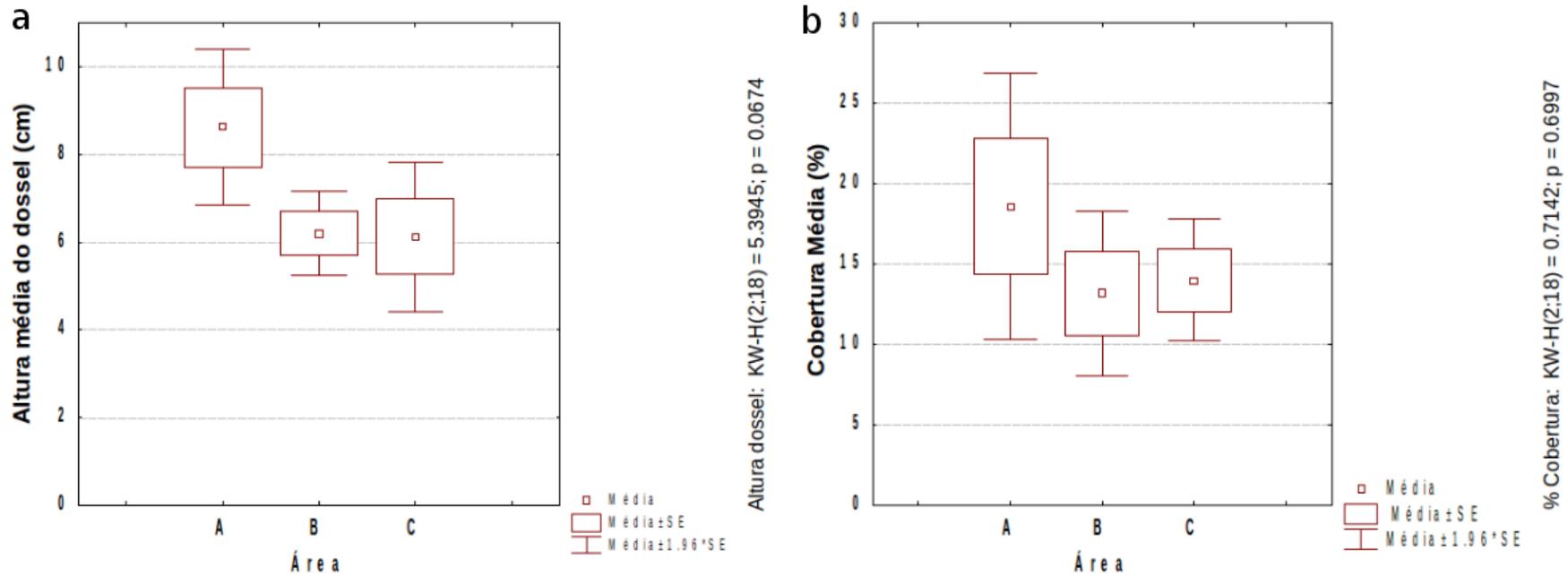
Diante da confirmação do gradiente horizontal de heterogeneidade, pela separação das subáreas na PCA, três outras Análises de Componentes Principais foram realizadas, uma para cada subárea. Para a subárea A, o primeiro eixo da PCA (Fig. 20) explicou 56,7% da variação ambiental, sendo o percentual de cobertura (0,70765) o componente de maior peso, seguida da biomassa (0,48529). O segundo eixo exibiu 23,7% da heterogeneidade ambiental, os componentes principais do eixo foram altura do dossel (0,60357) e tempo de exposição ao ar (0,52583).

A PCA para a subárea B (Fig. 21) explicou no primeiro eixo 95,1% da variação ambiental dessa subárea e o componente de maior peso foi biomassa (0,69293), seguido da densidade (0,58688). O segundo eixo exibiu 2,98% da variação, sendo componentes principais do eixo percentual de cobertura (0,68475) e altura do dossel (0,46137).

Para a subárea C, o primeiro eixo da PCA (Fig. 22) explicou 43,7% das variações ambientais, sendo a altura do dossel (0,63759) e biomassa (0,52,849) os principais componentes da variação ambiental. O segundo eixo da PCA explicou 36,2%, sendo os componentes principais da variação o percentual de cobertura (0,84329) e o tempo de exposição ao ar (0,21626).

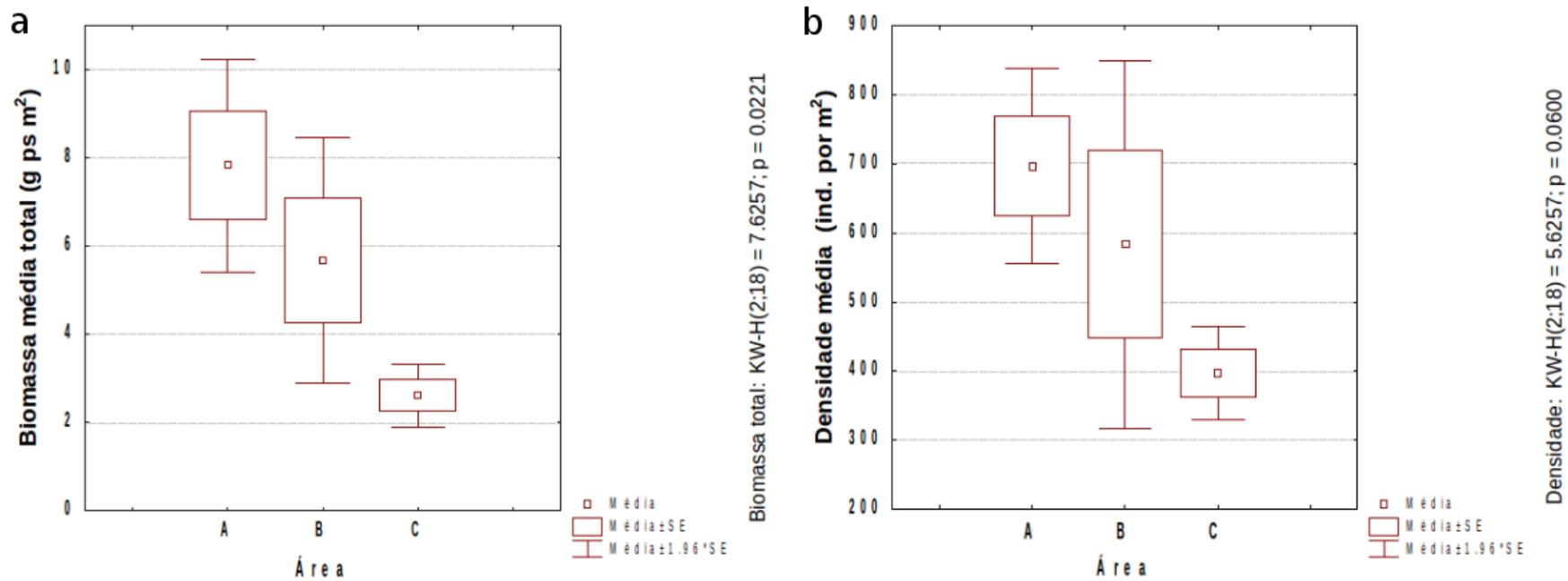
A biomassa vegetal foi um dos principais componentes da heterogeneidade em todas as subáreas, fazendo parte do primeiro eixo da PCA, que captura a maior variação de dados.

Figura 17 – Gráficos comparativos da variância da média de altura do dossel (a) e percentual de cobertura (b) no gradiente horizontal (subárea A, B e C) de uma pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. a – Altura média do dossel por subárea; b – Cobertura média (%) por subárea. Fonte: Autora (2016).



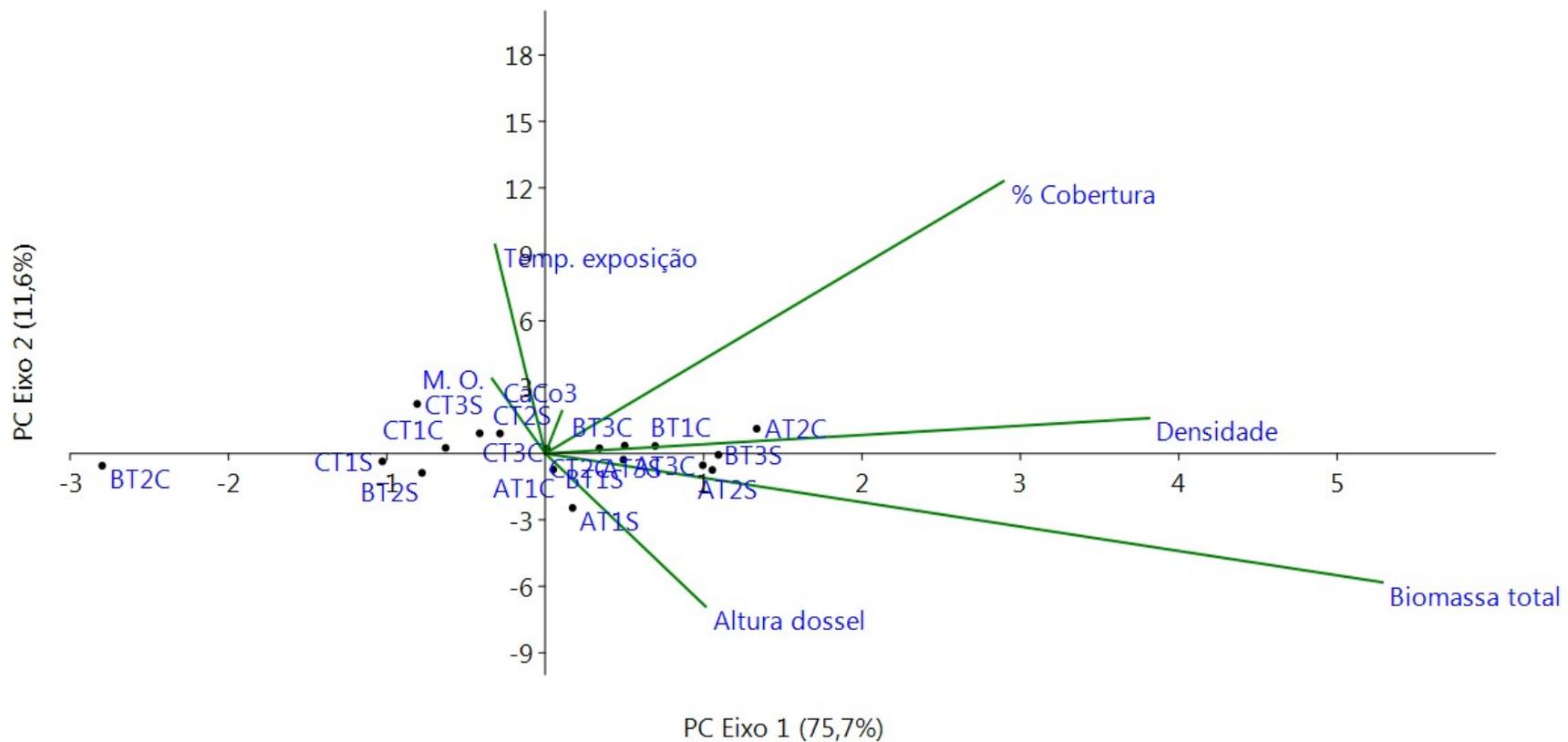
Fonte: A autora

Figura 18 – Gráficos comparativos da variância da média de biomassa total (a) e densidade (b) no gradiente horizontal (subárea A, B e C) de uma pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. a – Altura média do dossel por subárea; b – Cobertura média (%) por subárea.



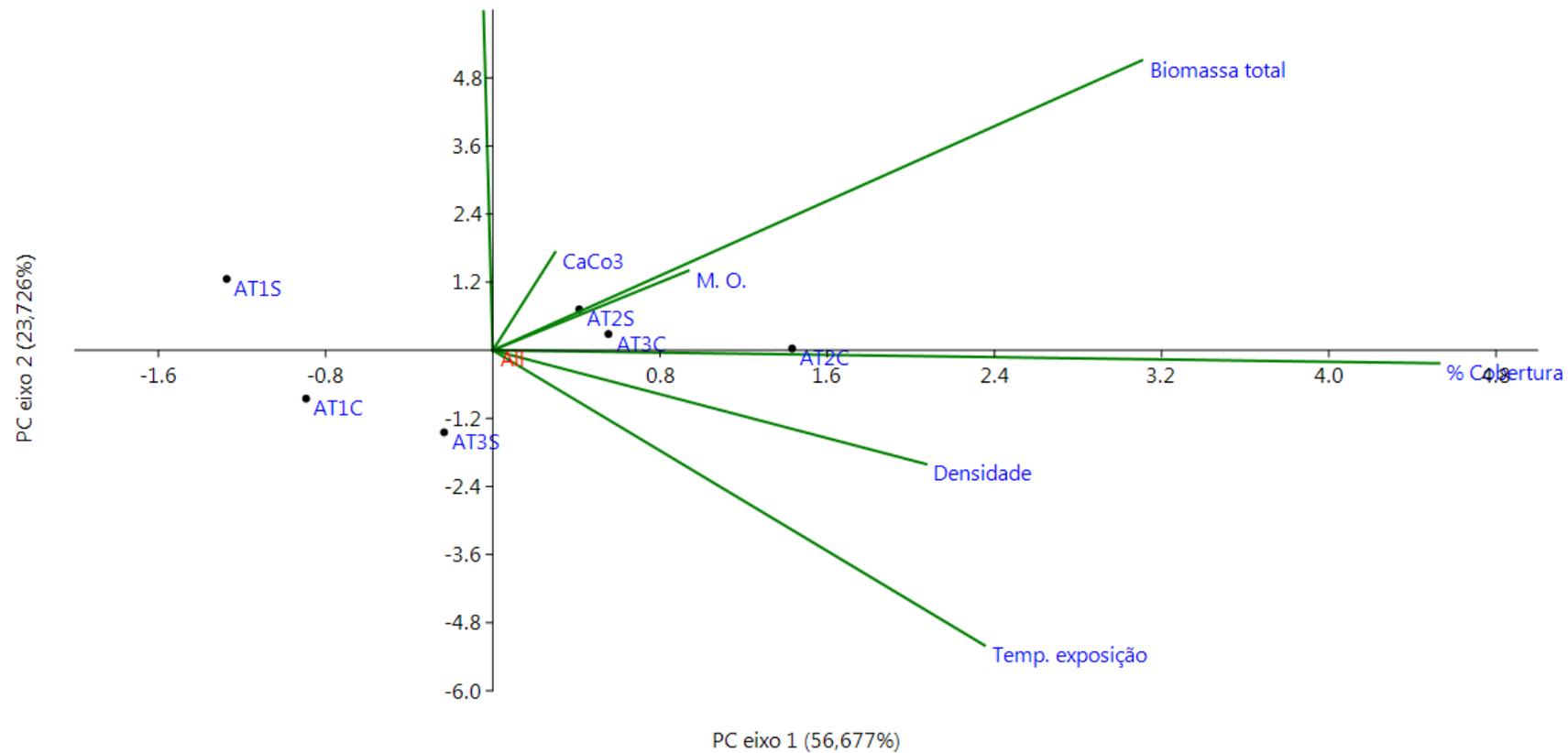
Fonte: A autora

Figura 19 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps\ cot\ m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo ao longo do gradiente horizontal (subárea A, B e C) de uma pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.



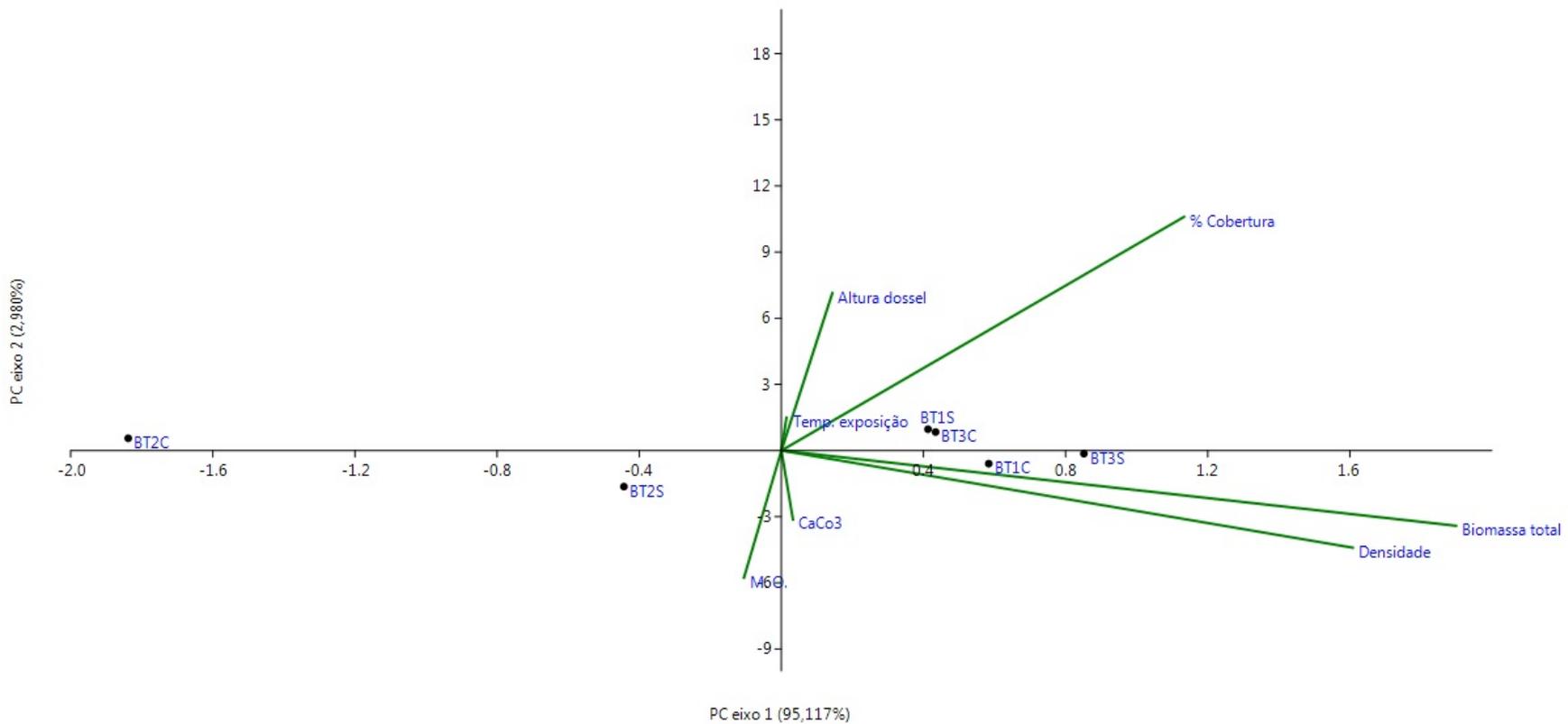
Fonte: A autora.

Figura 20 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot pscot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo na subárea A, em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.



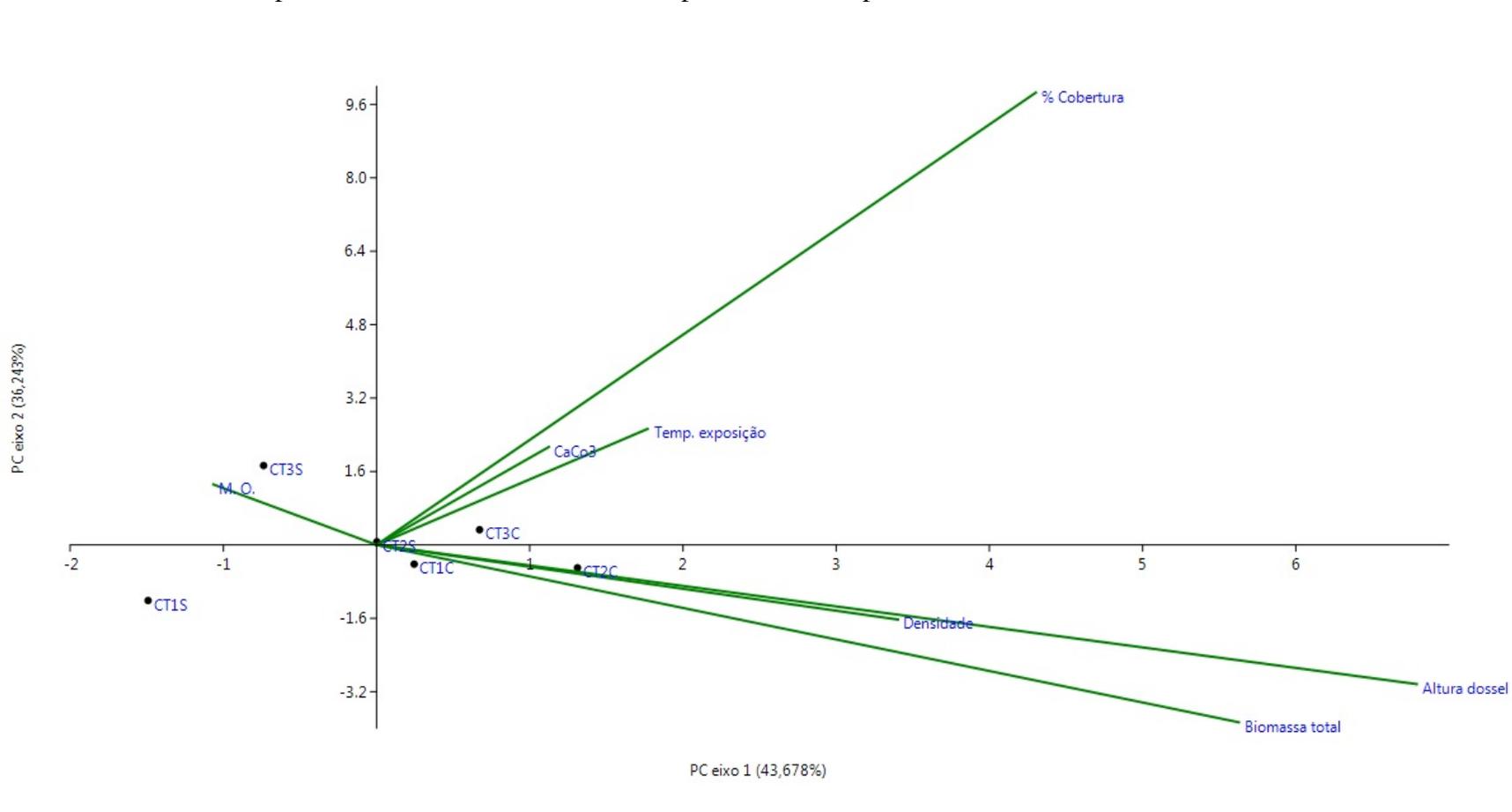
Fonte: A autora.

Figura 21 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot psctm^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo na subárea B, em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.



Fonte: A autora.

Figura 22 – Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (PCA), que considerou as variações de altura do dossel (cm), percentual de cobertura, biomassa ($g \cdot ps \cdot cot \cdot m^{-2}$) e densidade ($ind \cdot m^{-2}$), tempo de exposição, matéria orgânica e Carbonatos período de estudo na subárea C, em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.



Fonte: A autora.

Macrofauna

Foram coletados 1.204 indivíduos pertencentes a 89 espécies da macrofauna bentônica, distribuídos entre moluscos, crustáceos e poliquetas. Os moluscos representaram 77,66% do total de indivíduos, sendo identificadas 30 famílias, 43 gêneros e 48 espécies. Os crustáceos foram representados por 15 famílias, 16 gêneros e 16 espécies, representando 13,37% do total amostrado. Os poliquetas foram representados por 17 famílias, 2 gêneros e 25 espécies, correspondendo a 8,97% do total de indivíduos amostrados (Tab. 5).

Dentre os moluscos, a espécie de gastrópode *Neritina virginea* (297) e o bivalve *Anomalocardia brasiliana* (196) representaram 31,76% e 20,96% do total. Entre os crustáceos, a espécie de Paguroidea *Clibanarius antillensis* (104) e o anfípode *Cymodusa filosa* (7) representaram 64,60% e 4,35% de todos os crustáceos amostrados. Os poliquetas foram principalmente representados por *Lumbrineris* sp. (13) 12,04% e *Glycide* sp. (13) que representaram 12,04% do total de indivíduos desse grupo.

A subárea A (mais próxima à foz) abrigou 493 indivíduos de 69 espécies, sendo 68,2% moluscos, 26,6% crustáceos e 5,3% poliquetas. Na subárea B (parte central da pradaria), foram contados 332 indivíduos pertencentes à 48 espécies, sendo 87,7% moluscos, 3,6% crustáceos e poliquetas 8,7%. A subárea C (mais interna no estuário) apresentou 379 indivíduos distribuídos em 51 espécies, destas 81,3% de moluscos, 4,7% de crustáceos e 14% de poliquetas.

Os descritores ecológicos da macrofauna apresentaram maiores valores na subárea A (Tab. 6), onde o número de espécies (S) e o índice de riqueza (d) 6,647 se destacaram. Este resultado indica que a heterogeneidade ambiental da subárea A comporta uma maior diversidade de espécies da macrofauna associada.

Quando analisada a variância dos descritores da comunidade da macrofauna da pradaria entre as subáreas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), apenas o número de espécies variou significativamente (KW= 6,34; P = 0,04).

Tabela 5 – Lista das espécies de moluscos, crustáceos e poliquetas coletados em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.

Filo	Classe	Família	Espécies	Frequência relativa
Mollusca	Gastropoda	Cimidae	<i>Graphis underwoodae</i> Bartsch, 1947	0,08%
		Tornatinidae	<i>Acteocina bullata</i> (Kiener, 1834)	1,58%
		Assimineidae	<i>Assiminea succinea</i> (Pfeiffer, 1840)	0,17%
		Bullidae	<i>Bulla occidentalis</i> Adams, 1850	0,33%
		Cerithiidae	<i>Bittium varium</i> (Pfeiffer, 1840)	0,25%
			<i>Cerithium atratum</i> (Born, 1778)	2,82%
		Columbellidae	<i>Anachis isabellei</i> (d'Orbigny, 1839)	0,50%
			<i>Anachis obesa</i> (Adams, 1845)	0,25%
		Drilliidae	<i>Leptadrillia splendida</i> Bartsch, 1934	0,08%
		Eulimidae	<i>Melanella hebes</i> (Watson, 1883)	0,91%
		Fascioliariidae	<i>Leucozonia ocellata</i> (Gmelin, 1791)	0,08%
		Litiopidae	<i>Alaba incerta</i> (d'Orbigny, 1841)	1,33%
			<i>Alaba opiniosa</i> (Iredale, 1936)	0,17%
		Nassariidae	<i>Nassarius vibex</i> (Say, 1822)	0,25%
		Naticidae	<i>Natica marochiensis</i> (Gmelin, 1791)	0,08%
		Neritidae	<i>Neritina virginea</i> (Linnaeus, 1758)	24,67%

Continua

Tabela 5 - Lista das espécies de moluscos, crustáceos e poliquetas coletados em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. (continuação)

Filo	Classe	Família	Espécies	Frequência relativa
			<i>Smaragdia viridis</i> (Linnaeus, 1758)	1,66%
		Olividae	<i>Olivella minuta</i> (Link, 1807)	0,91%
			<i>Ancilla lienardi</i> (Bernardi, 1821)	0,08%
		Phasianellidae	<i>Eulithidium affine</i> (C. B. Adams, 1850)	0,75%
		Pyramidellidae	<i>Boonea jadisi</i> (Olsson e McGinty, 1958)	0,50%
			<i>Chrysallida nioba</i> (Dall e Bartsch, 1911)	0,17%
			<i>Boonea bisuturalis</i> (Say, 1822)	0,25%
			<i>Trabecula krumpermani</i> (De Jong e Coomans, 1988)	0,58%
		Scaliolidae	<i>Finella dubia</i> (d'Orbigny, 1840)	0,83%
		Skeneidae	<i>Parviturbo weberi</i> Pilsbry e McGinty, 1945	0,08%
	Bivalvia	Corbulidae	<i>Corbula swiftiana</i> C. B. Adams, 1852	0,58%
			<i>Corbula pulchella</i> Philippi, 1893	0,75%
			<i>Juliacorbula aequivalvis</i> (Philippi, 1836)	0,08%
		Lucinidae	<i>Clathrolucina costata</i> (d'Orbigny, 1846)	0,08%
			<i>Parvilucina pectinella</i> (C. B. Adams, 1852)	0,08%

Continua

Tabela 5 - Lista das espécies de moluscos, crustáceos e poliquetas coletados em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. (continuação)

Filo	Classe	Família	Espécies	Frequência relativa
			<i>Divalinga quadrisulcata</i> (d'Orbigny, 1846)	0,08%
			<i>Phacoides pectinatus</i> (Gmelin, 1791)	2,33%
			<i>Lucina muricata</i> (Sprengler, 1798)	3,74%
		Mytilidae	<i>Mytella charruana</i> (d'Orbigny, 1842)	0,33%
		Nuculidae	<i>Nucula semiornata</i> d'Orbigny, 1842	4,49%
		Ostreidae	<i>Ostrea equestris</i> Say, 1834	0,17%
		Solecurtidae	<i>Tagelus plebeius</i> Lightfoot, 1786	0,08%
		Tellinidae	<i>Tellina lineata</i> Turton, 1819	6,81%
			<i>Macoma tenta</i> (Say, 1834)	0,25%
		Ungulinidae	<i>Diplodonta punctata</i> (Say, 1822)	0,42%
			<i>Felaniella vilardeboaena</i> (d'Orbigny, 1846)	0,08%
		Veneridae	<i>Anomalocardia brasiliiana</i> (Gmelin, 1791)	16,28%
			<i>Chione subrostrata</i> (Lamarck, 1818)	0,08%
			<i>Cyclinella tenuis</i> (Récluz, 1852)	0,17%
	Polyplacophora	Ischnochitonidae	<i>Ischnochiton striolatus</i> (Gray, 1828)	0,58%
	Scaphopoda	Dentaliidae	<i>Paradentalium disparile</i> (d'Orbigny, 1853)	0,83%

Continua

Tabela 5 - Lista das espécies de moluscos, crustáceos e poliquetas coletados em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. (continuação)

Filo	Classe	Família	Espécies	Frequência relativa
Crustacea	Malacostraca	Aegidae	<i>Rocinela signata</i> Schioedte e Meinert, 1879	0,42%
		Ampithoidae	<i>Ampithoe marcuzzii</i> Ruffo, 1954	0,17%
			<i>Cymodusa filosa</i> Savigny, 1816	0,58%
			<i>Ampelisca</i> sp.	0,58%
		Atylidae	<i>Nototropis minikoi</i> (A.O. Walker, 1905)	0,17%
		Bateidae	<i>Batea catharinensis</i> Müller, 1865	0,42%
		Chasmocarcini- dae	<i>Amboplax peresi</i> (Rodrigues da Costa, 1968)	0,17%
		Diogenidae	<i>Clibanarius antillensis</i> Stimpson, 1859	8,64%
		Flabellifera	<i>Cassidinidea fluminensis</i> (Mane-Garzón, 1944)	0,17%
		Idoteidae	<i>Synodota variegata</i> (Collinge, 1917)	0,33%
		Lysianassidae	<i>Lysianassidae</i> sp.	0,17%
		Mysidae	<i>Bowmaniella brasiliensis</i> Bacescu, 1968	0,33%
		Panopeidae	<i>Hexapanopeus caribbaeus</i> (Stimpson, 1871)	0,33%
		Pinnotheridae	<i>Pinnixa sayana</i> Stimpson, 1860	0,33%
		Portunidae	<i>Callinectes</i> sp.	0,08%

Continua

Tabela 5 - Lista das espécies de moluscos, crustáceos e poliquetas coletados em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. (continuação)

Filo	Classe	Família	Espécies	Frequência relativa
		Synopiidae	<i>Metatiron</i> sp.	0,08%
			Anfípode Junevil	0,42%
Annelida	Polychaeta	Ampharetidae	<i>Isolda pulchella</i> Müller in Grube, 1858	0,42%
		Cirratulidae	<i>Cirratulidae</i> sp.1	0,08%
		Eunicidae	<i>Lysidice hebes</i> (Verrill, 1900)	0,25%
			<i>Marphysa</i> sp.	0,08%
		Eulepethidae	<i>Grubeulepis</i> sp.	1,00%
		Goniadidae	<i>Glycinde</i> sp.	1,08%
			<i>Goniada cf littoria</i> Hartman, 1950	0,66%
		Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp.	1,08%
		Magelonidae	<i>Magelona papillicornis</i> F. Müller, 1858	0,42%
			<i>Magelona variolamellata</i> Bolivar e Lana, 1986	0,08%
		Nereididae	<i>Plathynereis</i> sp.	0,08%
		Onuphidae	<i>Onuphis</i> sp.	0,42%
			<i>Diopatra</i> sp.	0,42%
			<i>Kinbergonuphis</i> sp.	0,08%

Continua

Tabela 5 - Lista das espécies de moluscos, crustáceos e poliquetas coletados em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. (continuação)

Filo	Classe	Família	Espécies	Frequência relativa
		Opheliidae	<i>Armandia polyophthalma</i> Kükenthal, 1887	0,33%
		Orbiniidae	<i>Scoloplos rubra</i> (Webster, 1879)	0,50%
			<i>Orbiniidae</i> sp.	0,08%
		Paraonidae	<i>Aricidea</i> sp.1	0,42%
			<i>Aricidea</i> sp.2	0,08%
			Paraonidae não id.	0,42%
		Pectinariidae	<i>Pectinariidae</i> sp.	0,33%
		Plocamiaceae	<i>Neredidae</i> sp.	0,17%
		Sabelleridae	<i>Sabelleridae</i> sp.	0,08%
		Syllidae	<i>Syllis (Ehlersia)</i> Savigny in Lamarck, 1818	0,17%
		Terebellidae	<i>Terebella</i> sp.	0,25%

Fonte: A autora

Tabela 6 – Descritores da comunidade bentônica (moluscos, crustáceos e poliquetas) amostrados em três subáreas (A, B e C) em pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil. S - número de espécies, N - número de indivíduos, d – Riqueza de Margalef, J' - Equitabilidade de Pielou e H' – Diversidade de Shannon.

Área	Amostra	S	N	d	J'	H' (loge)
A	AT1S	26	83	5,658	0,6755	2,201
A	AT2S	27	126	5,376	0,7629	2,514
A	AT3S	14	57	3,215	0,7079	1,868
B	BT1S	21	42	5,351	0,833	2,536
B	BT2S	17	48	4,133	0,7575	2,146
B	BT3S	13	82	2,723	0,7144	1,832
C	CT1S	24	51	5,85	0,9108	2,895
C	CT2S	20	74	4,414	0,8046	2,41
C	CT3S	20	60	4,641	0,8455	2,533
A	AT1C	26	43	6,647	0,943	3,072
A	AT2C	22	61	5,108	0,9053	2,798
A	AT3C	30	123	6,026	0,7186	2,444
B	BT1C	21	69	4,724	0,7841	2,387
B	BT2C	10	20	3,004	0,8627	1,987
B	BT3C		71	3,754	0,6237	1,767
C	CT1C	18	54	4,262	0,7985	2,308
C	CT2C	17	77	3,683	0,6638	1,881
C	CT3C	20	63	4,586	0,8342	2,499

Fonte: A autora.

Correlação macrofauna e Heterogeneidade ambiental

A análise de correlação não paramétrica de Spearman realizada entre os descritores da fauna e as variáveis ambientais avaliadas é apresentada nas tabelas 9 a 12. O número de espécies (s) correlacionou-se positivamente com a altura do dossel ($R = 0,549$; $p = 0,018$). O número de indivíduos correlacionou significativamente com percentual de cobertura ($R = 0,512$;

Tabela 7 – Análise descritiva (média e desvio padrão-DP) e de variância Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) para os descritores da comunidade da macrofauna associada a angiospermas marinhas na pradaria multiespecífica na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI – Brasil.

	N	Média	DP	K-W	P
S	18	20,16667	5,19332	6,393465	0,0409*
N	18	66,88889	26,19360	1,836257	0,3993
d	18	4,61972	1,09147	4,994152	0,0823
J'	18	0,78589	0,09059	0,982456	0,6119
H'	18	2,33767	0,37613	3,192982	0,2026

Fonte: A autora

*Valor significativo.

Tabela 8 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre o número de espécies (S) e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.

	N	Spearman R	t(N-2)	P
S & % Cobertura	18	0,286459	1,19595	0,249138
S & Altura dossel	18	0,549565	2,63122	0,018151*
S & Densidade	18	0,195023	0,79537	0,438042
S & Biomassa total	18	0,325731	1,37808	0,187147
S & Tempo de exposição	18	-0,429910	-1,90464	0,074966
S & M. O.	18	-0,059129	-0,23693	0,815716
S & CaCO ₃	18	0,108923	0,43830	0,667030

Fonte: A autora.

*Valor significativo.

Tabela 9 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre número de indivíduos (N) e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.

	N	Spearman R	t(N-2)	P
N & % Cobertura	18	0,512132	2,38504	0,029792*
N & Altura dossel	18	0,361384	1,55031	0,140620
N & Densidade	18	0,455108	2,04443	0,057729
N & Biomassa total	18	0,632611	3,26732	0,004841*
N & Tempo de exposição	18	0,066116	0,26504	0,794361
N & M. O.	18	-0,087719	-0,35223	0,729259
N & CaCO ₃	18	0,327141	1,38476	0,185133

Fonte: A autora.

*Valor significativo.

Tabela 10 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre índice de riqueza de Margalef (d) e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.

	N	Spearman R	t(N-2)	P
d & % Cobertura	18	0,157976	0,63994	0,531269
d & Altura dossel	18	0,462571	2,08699	0,053246
d & Densidade	18	0,058824	0,23570	0,816654
d & Biomassa total	18	0,176471	0,71714	0,483628
d & Tempo de exposição	18	-0,442149	-1,97181	0,066176
d & M. O.	18	-0,071207	-0,28555	0,778883
d & CaCO ₃	18	0,011352	0,04541	0,964342

Fonte: A autora.

p = 0,029) e biomassa (R = 0,632 p = 0,004).

O índice de riqueza de espécies (d Margalef) não apresentou correlação significativa. A equitabilidade (J') apresentou correlacionou-se negativamente com a biomassa (R = -0,479; p = 0,043). O índice de diversidade de Shannon (H') não apresentou correlação com as características ambientais aqui avaliadas.

Tabela 11 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre equitabilidade (J') e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.

	N	Spearman R	t(N-2)	P
J' & % Cobertura	18	-0,088797	-0,35660	0,726053
J' & Altura dossel	18	-0,197212	-0,80465	0,432815
J' & Densidade	18	-0,285862	-1,19324	0,250170
J' & Biomassa total	18	-0,479876	-2,18788	0,043865*
J' & Tempo de exposição	18	-0,116736	-0,47016	0,644588
J' & M. O.	18	0,211558	0,86583	0,399380
J' & CaCO ₃	18	-0,027864	-0,11150	0,912608

Fonte: A autora.

*Valor significativo.

Tabela 12 – Valores do coeficiente de Correlação de Spearman (valor de R) entre índice de diversidade de Shannon (H') e heterogeneidade ambiental de uma pradaria multiespecífica, na foz dos rios Timonha e Ubatuba, PI– Brasil.

	N	Spearman R	t(N-2)	P
H'(loge) & % Cobertura	18	0,188952	0,76967	0,452708
H'(loge) & Altura dossel	18	0,151781	0,61424	0,547692
H'(loge) & Densidade	18	-0,046440	-0,18596	0,854814
H'(loge) & Biomassa total	18	-0,135191	-0,54577	0,592750
H'(loge) & Tempo de exposição	18	-0,294422	-1,23231	0,235637
H'(loge) & M. O.	18	0,164087	0,66537	0,515295
H'(loge) & CaCO ₃	18	0,102167	0,41082	0,686655

Fonte: A autora.

Discussão

A pradaria multiespecífica analisada nesse estudo apresentou variações quanto a um gradiente horizontal do mar em direção ao rio, apresentando também diferenças na composição de espécies de angiospermas marinhas presentes nas subáreas e formas de uso pelos pescadores da região.

Considerando observações diretas na área, as três subáreas estudadas apresentam diferentes formas de uso pela população tradicional que reside ao seu entorno. Embora não tenha sido observado ou mesmo avaliado o impacto dessas atividades (pesca de marisco, ancoragem e outras formas de pesca), a subárea B que é utilizada como ponto de ancoragem para embarcação apresentou os menores valores das médias de altura do dossel e percentual de cobertura. Segundo diversos autores, o impacto de ancoragem tem sido relacionado com a diminuição das pradarias marinhas (KIRKMAN, 1997; FRANCOUR; GANTEAUME; POULAIN, 1999; PITANGA et al., 2012).

A subárea A apresentou a maior riqueza de espécies de angiospermas (*H. beaudettei*,

H. wrightii, *Ha. baillonis* e *Ha. decipiens*), além da presença de macroalgas. Esta subárea a jusante na foz estuarina, também é abrigada por recifes de arenito, o que provavelmente protege a pradaria da hidrodinâmica e minimiza os efeitos da exposição ao ar durante a maré baixa.

A variação significativa apenas para biomassa total entre as subáreas (gradiente horizontal) foi reconhecida ao longo de outros gradientes ambientais já estudados, como de profundidade ou vertical observado por MAGALHÃES, ESKINAZI-LEÇA e JUNIOR (1997), Creed, Monteiro et al. (2000) e Short et al. (2006b) e em virtude de variações ambientais como sazonalidade e por características locais (DUARTE, 1989; OLIVEIRA et al., 1997; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2009; BOER, 2000; KOWALSKI; DEYOE; ALLISON, 2009). A biomassa reflete as variações das partes subterrâneas e aéreas das plantas, que são influenciadas pelas perceptual de cobertura, altura do dossel e densidade vegetal.

Em todas as análises de componentes principais (PCA), a biomassa compôs o primeiro eixo do gráfico, sendo, portanto, a heterogeneidade da pradaria e das subáreas expressa principalmente pela biomassa, cobertura e densidade das angiospermas marinhas. Segundo Duarte (1989), a biomassa expressa as duas principais funções das pradarias marinhas: a produção primária e a estrutura ou substrato. Duarte (1989) afirmou também que as variações de biomassa na pradaria determinam a variedade temporal da estrutura do habitat disponível para a biota associada, sendo sugerido ainda que esta estrutura é mais estável em pradarias tropicais e subtropicais. Assim, baseado nos resultados obtidos neste estudo e nas observações registrados por Duarte (1989), pode-se inferir que, em pradarias marinhas, a biomassa vegetal pode ser considerada uma estrutura chave da heterogeneidade ambiental.

O conceito de “estruturas chaves” proposto por Tews et al. (2004) determina que existem estruturas chaves na construção de um ambiente heterogêneo, sendo elas estruturas espaciais que fornecem recursos, abrigos e serviços, fundamentais para as espécies. Nossos resultados apontam que a biomassa na pradaria marinha estudada expressa sua variação espacial ao longo das subáreas, bem como a variação estrutural disponível como substrato, abrigo e proteção para fauna. A influência da biomassa sobre a comunidade da macrofauna é descrita por outros autores (CASARES; CREED, 2008; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013) em diferentes regiões da costa do Brasil.

A fauna analisada apresenta, entre suas componentes, espécies já conhecidas pela associação com bancos ou pradarias de angiospermas marinhas. Os moluscos foram o grupo faunístico com maior frequência em todas as subáreas da pradaria, corroborando com o observado por

(CREED; KINUPP, 2011; ALVES; ARAÚJO, 1999; BARROS; JARDIM; ROCHA-BARREIRA, 2013; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013), seguido por poliquetas e crustáceos.

A subárea A que consiste em ambiente abrigado, com maior influência marinha e maior número de substratos (quatro espécies de angiospermas, macroalgas e recife de arenito), apresentou o maior número de indivíduos e de espécies da macrofauna. Em geral, estudos tem relacionado aumento da biomassa, tal como também verificado na subárea A, com maior diversidade da macrofauna associada às pradarias (REUSCH, 1998; IRLANDI, 1994; CASARES; CREED, 2008; BARROS; ROCHA-BARREIRA, 2013).

Os descritores das comunidades faunísticas apresentaram maiores índices na subárea A (ver Tab. 6). O número de espécies correlacionou-se positivamente com altura do dossel e o número de indivíduos com percentual de cobertura e biomassa das angiospermas. Na subárea A, a complexidade estrutural disponibiliza mais recursos para fauna promovendo maior variedade de micro-habitat e recursos, corroborando com a hipótese que o ambiente com maior heterogeneidade abrigaria mais espécies.

Conclusões

A heterogeneidade espacial da pradaria foi observada nas características de cada subárea quanto à composição de espécies vegetais e macroalgas, além dos diferentes valores de altura do dossel, percentual de cobertura, densidade e biomassa que parecem responder ao gradiente ambiental.

A biomassa na pradaria marinha estudada expressou a sua variação espacial ao longo das subáreas, bem como a variação estrutural disponível como substrato, abrigo e proteção para macrofauna associada.

A macrofauna presente na pradaria caracterizou-se pelos moluscos, crustáceos e poliquetas, sendo observado que a riqueza de espécies e a abundância apresentaram correlação positiva com altura do dossel e percentual de cobertura e caracteres estruturais da pradaria.

A hipótese da heterogeneidade ambiental foi confirmada pelos descritores da comunidade da fauna em relação as diferentes subáreas da pradaria.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. D. O. et al. Aerial survey of manatees, dolphins and sea turtles off northeastern Brazil: Correlations with coastal features and human activities. **Biological conservation**, Elsevier, v. 161, p. 91–100, 2013.
- ALVES, M. S.; ARAÚJO, M. J. G. Moluscos associados ao fital *Halodule wrightii* Aschers na Ilha de Itamaracá–PE. **Tropical Oceanography**.ISSN: 1679-3013, v. 27, n. 1, 1999.
- BARROS, K.; JARDIM, J.; ROCHA-BARREIRA, C. 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.; ALMEIDA, R. B. C.; MAGALHAES, K. M. Ecology of Brazilian seagrasses: Is our current knowledge sufficient to make sound decisions about mitigating the effects of climate change. **Iheringia Série Botânica**, v. 68, p. 155–70, 2014.
- BARROS, K. V. S. et al. Variações no prado de *Halodule wrightii* Ascherson e macrofauna associada na praia da pedra rachada, Paracuru, Ceará–Brasil. **Revista de Educação Científica e Cultural**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 2014.
- BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Caracterização da dinâmica espaço-temporal da macrofauna bentônica em um banco de *Halodule wrightii* Ascherson (Cymodoceaceae) por meio de estratificação. **Rev. Nord. Zool**, v. 4, n. 1, p. 73–81, 2009.
- BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Responses of the molluscan fauna to environmental variations in a *Halodule wrightii* Ascherson ecosystem from northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 85, n. 4, p. 1397–1410, 2013.
- BAZZAZ, F. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern illinois. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 56, n. 2, p. 485–488, 1975.
- BOER, W. F. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 66, n. 3, p. 225–239, 2000.
- BRASIL. Decreto S/N, De 28 De Agosto De 1996. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, nos Estados do Piauí, Maranhão, e Ceará, e dá outras providências.

Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: [s.n.], 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior%a%2000/1996/dnn4368.htm>. Acesso em: 15 jun 2015.

CASARES, F. A.; CREED, J. C. Do small seagrasses enhance density, richness, and diversity of macrofauna? **Journal of Coastal Research**, BioOne, p. 790–797, 2008.

CHOI, K. F. et al. Desenho da área de refúgio da vida silvestre para preservação do peixe-boi marinho. **Revista brasileira de conservação da natureza**, v. 7, n. 2, p. 82–89, 2009.

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.

COPERTINO, M. S. et al. Monitoramento dos fundos vegetados submersos (pradarias submersas). In: TURRA, A.; DENADAI, M. R. (Ed.). **Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos**. São Paulo: [s.n.], 2015.

CORBISIER, T. N. Macrozoobentos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* Ascherson. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, SciELO Brasil, v. 42, n. 1-2, p. 99–111, 1994.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, Nature publishing group, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.

CREED, J. C.; KINUPP, M. Small scale change in mollusk diversity along a depth gradient in a seagrass bed off Cabo Frio, (Southeast Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, SciELO Brasil, v. 59, n. 3, p. 267–276, 2011.

CREED, J. C.; MONTEIRO, R. L. d. C. et al. An analysis of the phenotypic variation in the seagrass *Halodule wrightii* Aschers. **Leandra**, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, n. 15, p. 1–9, 2000.

DIAS, C. B. **Dinâmica Do Sistema Estuarino Timonha / Ubatuba (Ceará – Brasil): Considerações Ambientais**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) — Laboratório de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

DUARTE, C. M. Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 269–276, 1989.

FONSECA, M. S.; BELL, S. S. Influence of physical setting on seagrass landscapes near Beaufort, North Carolina, USA. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 109–121, 1998.

FONSECA, M. S.; FISHER, J. S. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 15–22, 1986.

FRANCOUR, P.; GANTEAUME, A.; POULAIN, M. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park(north-western Mediterranean Sea). **Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems**, v. 9, n. 4, p. 391–400, 1999.

GARCIA, A. M. et al. Abundância e diversidade de crustáceos decápodos dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia marítima* L. no estuário da Lagoa dos Patos (RS – Brasil). **Nauplius**, Rio Grande, v. 4, p. 113–128, 1996.

HEMMINGA, M. A.; DUARTE, C. M. **Seagrass ecology**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2000.

IRLANDI, E. A. Large-and small-scale effects of habitat structure on rates of predation: how percent coverage of seagrass affects rates of predation and siphon nipping on an infaunal bivalve. **Oecologia**, Springer, v. 98, n. 2, p. 176–183, 1994.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1986. v. 2.

KIRKMAN, H. **Seagrasses of Australia**. Canberra: Environment Australia, 1997. 36 p.

KOWALSKI, J. L.; DEYOE, H. R.; ALLISON, T. C. Seasonal production and biomass of the seagrass, *Halodule wrightii* Aschers.(shoal grass), in a subtropical Texas lagoon. **Estuaries and coasts**, Springer, v. 32, n. 3, p. 467–482, 2009.

LACK, D. The numbers of bird species on islands. **Bird study**, Taylor & Francis, v. 16, n. 4, p. 193–209, 1969.

MACARTHUR, R. H.; MACARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 42, n. 3, p. 594–598, 1961.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of island Biogeography**. [S.l.]: New Jersey: Princeton University Press, 1967.

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.

MCCOY, E. D.; BELL, S. S. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. In: **Habitat structure**. [S.l.]: Springer, 1991. p. 3–27.

MORAIS, J. O.; DIAS, C. B.; PINHEIRO, L. S. Depuration capacity of the Timonha-Ubatuba estuarine system, in Ceará state, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 47, n. 1, p. 30–37, 2014.

MURRAY, L.; DENNISON, W. C.; KEMP, W. M. Nitrogen versus phosphorus limitation for growth of an estuarine population of eelgrass (*Zostera marina* L.). **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 44, n. 1, p. 83–100, 1992.

NAKAOKA, M.; TOYOHARA, T.; MATSUMASA, M. Seasonal and between-substrate variation in mobile epifaunal community in a multispecific seagrass bed of Otsuchi Bay, Japan. **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 22, n. 4, p. 379–395, 2001.

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.

Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*): Distribuição de Conservação e Aspectos Tradicionais ao longo do litoral do Brasil. Dissertação (Mestrado).

OLIVEIRA, E. C. et al. Phenology of a seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the Southeast coast of Brazil. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 56, n. 1, p. 25–33, 1997.

OMENA, E.; CREED, J. C. Polychaete fauna of seagrass beds (*Halodule wrightii* Ascherson) along the coast of Rio de Janeiro (Southeast Brazil). **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 25, n. 4, p. 273–288, 2004.

ORTH, R. J.; HECK, K. L.; VAN MONTFRANS, J. Faunal communities in seagrass beds: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. **Estuaries**, Springer, v. 7, n. 4, p. 339–350, 1984.

PEREIRA, P. H. C.; FERREIRA, B. P.; REZENDE, S. M. Community structure of the ichthyofauna associated with seagrass beds (*Halodule wrightii*) in Formoso River estuary-Pernambuco, Brazil. **Anais da academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 82, n. 3, p. 617–628, 2010.

PHILLIPS, R. The seagrass ecosystem and resources in latin America. In: **Coastal plant communities of Latin America**. [S.l.]: Elsevier, 1992. p. 107–121.

PITANGA, M. E. et al. Quantification and classification of the main environmental impacts on a *Halodule wrightii* seagrass meadow on a tropical island in northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 84, n. 1, p. 35–42, 2012.

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

REUSCH, T. B. Differing effects of eelgrass *Zostera marina* on recruitment and growth of associated blue mussels *Mytilus edulis*. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 149–153, 1998.

ROSA, L. C.; BEMVENUTI, C. E. Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do habitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. 2007.

SHORT, F. et al. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Elsevier, v. 350, n. 1-2, p. 3–20, 2007.

SHORT, F. T. et al. Seagrassnet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 27, n. 4, p. 277–289, 2006.

SIMPSON, E. H.; SUTHERLAND, G.; BLACKWELL, D. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688, 1949.

TEWS, J. et al. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of biogeography**, Wiley Online Library, v. 31, n. 1, p. 79–92, 2004.

WAYCOTT, M. 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.

WEINBERG, S. A comparison of coral reef survey methods. **Bijdragen tot de Dierkunde**, Citeaser, v. 51, n. 2, p. 199–218, 1981.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pradaria de angiospermas marinhas estudadas apresenta a maior diversidade de espécies desse grupo vegetal em as pradarias multiespecíficas já estudadas no litoral brasileiro.

As variações nos valores de percentual de cobertura, densidade, morfologia e biomassa das angiospermas respondem às variações ambientais relacionadas ao período seco e chuvoso, bem como ao gradiente horizontal do mar em direção ao rio.

Uma mesma pradaria apresenta subáreas com diferentes valores de suas características vegetais, sendo a biomassa a variável que melhor expressa essa heterogeneidade.

A heterogeneidade ambiental na pradaria reflete sobre o número de espécies da macrofauna que cada subárea abriga, mas sua composição é principalmente de moluscos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. D. O. et al. Aerial survey of manatees, dolphins and sea turtles off northeastern Brazil: Correlations with coastal features and human activities. **Biological conservation**, Elsevier, v. 161, p. 91–100, 2013.
- ALVES, M. S. **Estrutura da Macroepifauna Vágil no Ecossistema *Halodule wrightii* da Ilha de Itamaracá, Nordeste do Brasil**. 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia) — Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ALVES, M. S.; ARAÚJO, M. J. G. Moluscos associados ao fital *Halodule wrightii* Aschers na Ilha de Itamaracá–PE. **Tropical Oceanography**.ISSN: 1679-3013, v. 27, n. 1, 1999.
- ATAURI, J. A.; LUCIO, J. V. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in mediterranean landscapes. **Landscape ecology**, Springer, v. 16, n. 2, p. 147–159, 2001.
- BARROS, F.; UNDERWOOD, A. J.; LINDEGARTH, M. The influence of rocky reefs on structure of benthic macrofauna in nearby soft-sediments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier, v. 52, n. 2, p. 191–199, 2001.
- BARROS, K.; COSTA, F.; ROCHA-BARREIRA, C. A *Halophila baillonis* Ascherson bed on the semiarid coast of Brazil. **Feddes Repertorium**, Wiley Online Library, v. 125, n. 3-4, p. 93–97, 2014.
- BARROS, K.; JARDIM, J.; ROCHA-BARREIRA, C. 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.; ALMEIDA, R. B. C.; MAGALHAES, K. M. Ecology of Brazilian seagrasses: Is our current knowledge sufficient to make sound decisions about mitigating the effects of climate change. **Iheringia Série Botânica**, v. 68, p. 155–70, 2014.
- BARROS, K. V. S. et al. Variações no prado de *Halodule wrightii* Ascherson e macrofauna associada na praia da pedra rachada, Paracuru, Ceará–Brasil. **Revista de Educação Científica e Cultural**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 2014.

BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Caracterização da dinâmica espaço-temporal da macrofauna bentônica em um banco de *Halodule wrightii* Ascherson (Cymodoceaceae) por meio de estratificação. **Rev. Nord. Zool**, v. 4, n. 1, p. 73–81, 2009.

BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Responses of the molluscan fauna to environmental variations in a *Halodule wrightii* Ascherson ecosystem from northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 85, n. 4, p. 1397–1410, 2013.

BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Influence of environmental factors on a *Halodule wrightii* Ascherson meadow in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 18, n. 2, p. 31–41, 2014.

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: SNYDER, M. (Ed.). **Aquatic Ecosystems: Influences, Interactions and Impact on the Environment**. 1. ed. [S.l.]: New Jersey: Nova Science Publishers, 2016. p. 1–29.

BAZZAZ, F. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern illinois. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 56, n. 2, p. 485–488, 1975.

BEMVENUTI, C. E. **Estrutura e dinâmica das associações de macroinvertebrados bentônicos dos ambientes estuarinos do Rio Grande do Sul**: um estudo de caso. Rio Grande, Base de Dados Tropical. 2005. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round6/guias/PERFURACAO/PERFURACAO_R6/refere/Estu%E1rios%20Sul.pdf>. Acesso em: 13 fev 2016.

BOER, W. F. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 66, n. 3, p. 225–239, 2000.

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/floradobrasil/FB17116>>. Acesso em: 25 jan 2016.

BRASIL. Decreto S/N, De 28 De Agosto De 1996. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, nos Estados do Piauí, Maranhão, e Ceará, e dá outras providências. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF: [s.n.], 1996. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior%a%2000/1996/dnn4368.htm>. Acesso em: 15 jun 2015.

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

CASARES, F. A.; CREED, J. C. Do small seagrasses enhance density, richness, and diversity of macrofauna? **Journal of Coastal Research**, BioOne, p. 790–797, 2008.

CHOI, K. F. et al. Desenho da área de refúgio da vida silvestre para preservação do peixe-boi marinho. **Revista brasileira de conservação da natureza**, v. 7, n. 2, p. 82–89, 2009.

COELHO, P. A. Estudo ecológico da Lagoa do Olho D'água, Pernambuco, com especial referência aos crustáceos decápodos. **Tropical Oceanography**, v. 7, n. 1, 1965.

COLARES, I. G.; SEELIGER, U. et al. Influência da luz sobre o crescimento e a produção de biomassa de *Ruppia maritima* L. em cultivo experimental. **Acta Botanica Brasilica**, SciELO Brasil, v. 20, n. 1, p. 31–36, 2006.

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.

COPERTINO, M. S. et al. Monitoramento dos fundos vegetados submersos (pradarias submersas). In: TURRA, A.; DENADAI, M. R. (Ed.). **Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos**. São Paulo: [s.n.], 2015.

CORBISIER, T. N. Macrozoobentos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* Ascherson. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, SciELO Brasil, v. 42, n. 1-2, p. 99–111, 1994.

CORTÉS, J. Requiem for eastern pacific seagrass bed. **Revista de biología tropical**, Universidad de Costa Rica; 1998, v. 49, p. 273–278, 2002.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, Nature publishing group, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.

- CREED, J. Epibiosis on cerith shells in a seagrass bed: correlation of shell occupant with epizoite distribution and abundance. **Marine Biology**, Springer, v. 137, n. 5-6, p. 775–782, 2000.
- CREED, J. C. Morphological variation in the seagrass *Halodule wrightii* near its southern distributional limit. **Aquatic botany**, Elsevier, v. 59, n. 1-2, p. 163–172, 1997.
- CREED, J. C. Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro state, Brazil. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 65, n. 1-4, p. 47–58, 1999.
- CREED, J. C. The biodiversity of Brazil's seagrasses and seagrasses habitats: a first analysis. **Biologia Marina Mediterranea**, v. 7, n. 2, p. 207–210, 2000.
- CREED, J. C. The of seagrasses of South America: Brazil, Argentina and Chile. In: GREEN, E. P.; SHORT, F. T. (Ed.). **World atlas of seagrasses**. [S.l.]: University of California Press, 2003. p. 243.
- CREED, J. C.; FILHO, G. M. A. Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. **Journal of experimental marine biology and ecology**, Elsevier, v. 235, n. 2, p. 285–306, 1999.
- CREED, J. C.; KINUPP, M. Small scale change in mollusk diversity along a depth gradient in a seagrass bed off Cabo Frio, (Southeast Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, SciELO Brasil, v. 59, n. 3, p. 267–276, 2011.
- CREED, J. C.; MONTEIRO, R. L. d. C. et al. An analysis of the phenotypic variation in the seagrass *Halodule wrightii* Aschers. **Leandra**, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, n. 15, p. 1–9, 2000.
- CUNHA, A. H.; ASSIS, J. F.; SERRÃO, E. A. Reprint of “seagrasses in Portugal: A most endangered marine habitat”. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 115, p. 3–13, 2014.
- 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. The sea-grasses of the world. **Verh. kon. ned. Akad. Wet., Afd. Natuurkunde**, v. 59, n. 1, p. 275, 1970.

DEN HARTOG, C. The sea-grasses of Brazil. **Acta botanica neerlandica**, Koninklijke Nederlandse Botanische Vereniging, v. 21, n. 5, p. 512–516, 1972.

DIAS, C. B. **Dinâmica Do Sistema Estuarino Timonha / Ubatuba (Ceará – Brasil): Considerações Ambientais**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) — Laboratório de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

DUARTE, C. *Seagrass meadows*. In: **CUTLER J. C. Encyclopedia of Earth**. (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). 2011. Disponível em: <<http://www.eoearth.org/view/article/155952>>. Acesso em: 10 jan 2016.

DUARTE, C. M. Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 269–276, 1989.

DURÃES, R.; MARTINS, W. P.; MELLO, F. Z. Vaz-de. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) assemblages across a natural forest-cerrado ecotone in Minas Gerais, Brazil. **Neotropical Entomology**, SciELO Brasil, v. 34, n. 5, p. 721–731, 2005.

EISEMAN, N. J. Technical Report, **An Illustrated Guide to the Sea-Grasses of the Indian River Region of Florida**. Florida: [s.n.], 1980.

FERGUSON, R. L.; PAWLAK, B. T.; WOOD, L. L. Flowering of the seagrass *Halodule wrightii* in North Carolina, USA. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 46, n. 1, p. 91–98, 1993.

FONSECA, M. S.; BELL, S. S. Influence of physical setting on seagrass landscapes near Beaufort, North Carolina, USA. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 109–121, 1998.

FONSECA, M. S.; FISHER, J. S. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 15–22, 1986.

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.

FRANCOUR, P.; GANTEAUME, A.; POULAIN, M. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea).

Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems, v. 9, n. 4, p. 391–400, 1999.

FRASER, R. H. Vertebrate species richness at the mesoscale: relative roles of energy and heterogeneity. **Global Ecology & Biogeography Letters**, Wiley Online Library, v. 7, n. 3, p. 215–220, 1998.

GARCIA, A. M. et al. Abundância e diversidade de crustáceos decápodos dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia marítima* L. no estuário da Lagoa dos Patos (RS – Brasil). **Nauplius**, Rio Grande, v. 4, p. 113–128, 1996.

GONZÁLEZ-MEGÍAS, A.; GÓMEZ, J. M.; SÁNCHEZ-PIÑERO, F. Diversity-habitat heterogeneity relationship at different spatial and temporal scales. **Ecography**, Wiley Online Library, v. 30, n. 1, p. 31–41, 2007.

HARTOG, D. D.; KUO, J. Taxonomy and biogeography of seagrasses. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. (Ed.). **Seagrasses: Biology, ecology and conservation**. [S.l.]: Dordrecht: Springer, 2006. p. 1–22.

HEMMINGA, M. A.; DUARTE, C. M. **Seagrass ecology**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2000.

HUANG, X. et al. Main seagrass beds and threats to their habitats in the coastal sea of South China. **Chinese Science Bulletin**, Springer, v. 51, n. 2, p. 136–142, 2006.

IRLANDI, E. A. Large- and small-scale effects of habitat structure on rates of predation: how percent coverage of seagrass affects rates of predation and siphon nipping on an infaunal bivalve. **Oecologia**, Springer, v. 98, n. 2, p. 176–183, 1994.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1986. v. 2.

KIRKMAN, H. **Seagrasses of Australia**. Canberra: Environment Australia, 1997. 36 p.

KOCH, E. W. Beyond light: physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. **Estuaries**, Springer, v. 24, n. 1, p. 1–17, 2001.

KOWALSKI, J. L.; DEYOE, H. R.; ALLISON, T. C. Seasonal production and biomass of the seagrass, *Halodule wrightii* Aschers. (shoal grass), in a subtropical Texas lagoon. **Estuaries and coasts**, Springer, v. 32, n. 3, p. 467–482, 2009.

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. et al. Occurrence of *Halophila decipiens* Ostenfeld (Hydrocharitaceae) in Okinawa Island, Japan. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 51, n. 3-4, p. 329–334, 1995.

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, J.; WILSON, P. G. Nomenclature of the seagrass *Halophila baillonis* Ascherson. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 88, n. 2, p. 178–180, 2008.

LACK, D. The numbers of bird species on islands. **Bird study**, Taylor & Francis, v. 16, n. 4, p. 193–209, 1969.

LASSAU, S. A.; HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, Wiley Online Library, v. 27, n. 2, p. 157–164, 2004.

LAWTON, J. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual review of entomology**, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 28, n. 1, p. 23–39, 1983.

LIPKIN, Y. *Halodule brasiliensis* sp. nov., a new seagrass from south America (Potamogetonaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 40, p. 85–90, 1980.

MACARTHUR, R. H.; MACARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 42, n. 3, p. 594–598, 1961.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of island Biogeography**. [S.l.]: New Jersey: Princeton University Press, 1967.

MAGALHÃES, K. M.; BARROS, K. V. S. *Halodule beaudettei*, the sixth species recorded for Brazil: ecological and morphological notes. Submetido para publicação. *submit*.

MAGALHÃES, K. M.; BORGES, J. C. G.; PITANGA, M. E. *Halophila baillonis* Ascherson: first population dynamics data for the southern hemisphere. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 87, n. 2, p. 861–865, 2015.

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.

MAGALHÃES, K. M. et al. Seagrass meadow at the suape port área, Pernambuco, Brazil. In: **Anais de trabalhos completos do congresso de Ecologia do Brasil**. [S.l.]: Editora da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. p. 334–335.

MAGALHÃES, A. F. **Efeito da Heterogeneidade Ambiental em Populações Naturais de Duas Espécies Arbóreas Congenéricas e suas Implicações para o Manejo e Conservação da Vegetação Ripária**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

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.

MCCOY, E. D.; BELL, S. S. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. In: **Habitat structure**. [S.l.]: Springer, 1991. p. 3–27.

MORAIS, J. O.; DIAS, C. B.; PINHEIRO, L. S. Depuration capacity of the Timonha-Ubatuba estuarine system, in Ceará state, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 47, n. 1, p. 30–37, 2014.

MURRAY, L.; DENNISON, W. C.; KEMP, W. M. Nitrogen versus phosphorus limitation for growth of an estuarine population of eelgrass (*Zostera marina* L.). **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 44, n. 1, p. 83–100, 1992.

NAKAOKA, M.; TOYOHARA, T.; MATSUMASA, M. Seasonal and between-substrate variation in mobile epifaunal community in a multispecific seagrass bed of Otsuchi Bay, Japan. **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 22, n. 4, p. 379–395, 2001.

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.

Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*): Distribuição de Conservação e Aspectos Tradicionais ao longo do litoral do Brasil. Dissertação (Mestrado).

OLIVEIRA, E. C. et al. Phenology of a seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the Southeast coast of Brazil. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 56, n. 1, p. 25–33, 1997.

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

OMENA, E.; CREED, J. C. Polychaete fauna of seagrass beds (*Halodule wrightii* Ascherson) along the coast of Rio de Janeiro (Southeast Brazil). **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 25, n. 4, p. 273–288, 2004.

ORTH, R. J. et al. A global crisis for seagrass ecosystems. **Bioscience**, Oxford University Press, v. 56, n. 12, p. 987–996, 2006.

ORTH, R. J.; HECK, K. L.; VAN MONTFRANS, J. Faunal communities in seagrass beds: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. **Estuaries**, Springer, v. 7, n. 4, p. 339–350, 1984.

PAGLIA, A. P. et al. Heterogeneidade estrutural e diversidade de pequenos mamíferos em um fragmento de mata secundária de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Directory of Open Access Journals, v. 12, n. 1, p. 67–79, 1995.

PEREIRA, P. H. C.; FERREIRA, B. P.; REZENDE, S. M. Community structure of the ichthyofauna associated with seagrass beds (*Halodule wrightii*) in Formoso River estuary-Pernambuco, Brazil. **Anais da academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 82, n. 3, p. 617–628, 2010.

PHILLIPS, R. The seagrass ecosystem and resources in latin America. In: **Coastal plant communities of Latin America**. [S.l.]: Elsevier, 1992. p. 107–121.

PHILLIPS, R. et al. *Halodule wrightii* Ascherson in the Gulf of Mexico. **Contributions to Marine Science**, v. 18, p. 257–261, 1974.

- PHILLIPS, R. C. On species of the seagrass, *Halodule*, in Florida. **Bulletin of Marine Science**, University of Miami-Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, v. 17, n. 3, p. 672–676, 1967.
- PITANGA, M. E. et al. Quantification and classification of the main environmental impacts on a *Halodule wrightii* seagrass meadow on a tropical island in northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, SciELO Brasil, v. 84, n. 1, p. 35–42, 2012.
- PULICH, W. M. Seasonal growth dynamics of *Ruppia maritima* Lsl and *Halodule wrightii* Aschers. in southern Texas and evaluation of sediment fertility status. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 53–66, 1985.
- REUSCH, T. B. Differing effects of eelgrass *Zostera marina* on recruitment and growth of associated blue mussels *Mytilus edulis*. **Marine Ecology Progress Series**, JSTOR, p. 149–153, 1998.
- ROSA, L. C.; BEMVENUTI, C. E. Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do habitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. 2007.
- SAMPER-VILLARREAL, J. et al. Presence of a *Halophila baillonii* Asch.(Hydrocharitaceae) seagrass meadow and associated macrofauna on the pacific coast of Costa Rica. **Pacific Science**, BioOne, v. 68, n. 3, p. 435–444, 2014.
- SANTOS-FILHO, F. S. et al. Fisionomias das Restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 218–227, 2010.
- SELIG, U. et al. The influence of sediments on soft bottom vegetation in inner coastal waters of Mecklenburg-Vorpommern (Germany). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier, v. 71, n. 1-2, p. 241–249, 2007.
- SHORT, F. et al. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Elsevier, 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 2010**: e. T173329A6992218. 2010a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173329A6992218>>. Acesso em: 17 jan 2016.

SHORT, F. T. et al. *Halophila baillonii*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2010**: e. T173329A6992218. 2010b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173382A7004500.en>>. Acesso em: 17 jan 2016.

SHORT, F. T. et al. *Halophila decipiens*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2010**: e. T173329A6992218. 2010c. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173352A6997485.en>>. Acesso em: 17 jan 2016.

SHORT, F. T. et al. Occurrence of *Halophila baillonii* meadows in Belize, Central America. **Aquatic Botany**, Elsevier, v. 85, n. 3, p. 249–251, 2006.

SHORT, F. T. et al. Seagrassnet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, Wiley Online Library, v. 27, n. 4, p. 277–289, 2006.

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

SILVA, E. T.; ASMUS, M. L. A dynamic simulation model of the widgeon grass *Ruppia maritima* and its epiphytes in the estuary of the Patos Lagoon, RS, Brazil. **Ecological modelling**, Elsevier, v. 137, n. 2-3, p. 161–179, 2001.

SIMPSON, E. H.; SUTHERLAND, G.; BLACKWELL, D. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688, 1949.

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.

SPALDING, M. et al. Global overview: The distribution and status of seagrasses. In: GREEN, E. P.; SHORT, F. T. (Ed.). **World Atlas of Seagrasses: Present Status and Future Conservation**. [S.l.]: University of California Press, London, England, 2003. p. 5–26.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. [S.l.]: Edgard Blücher, 1973.

TEIXEIRA, A. d. P.; ASSIS, M. A. Relação entre heterogeneidade ambiental e distribuição de espécies em uma floresta paludosa no município de Cristais Paulista, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, SciELO Brasil, p. 843–853, 2009.

TELINO JÚNIOR, W. R.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LYRA-NEVES, R. M. Censo de aves migratórias (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na Coroa do Avião, Igarassu, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 451–456, 2003.

TEWS, J. et al. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of biogeography**, Wiley Online Library, v. 31, n. 1, p. 79–92, 2004.

VAN TUSSENBROEK, B. I. et al. Technical Report, **Guía de los Pastos Marinos Tropicales del Atlántico Oeste**. México, D.F.: [s.n.], 2010.

WAYCOTT, M. 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.

WEINBERG, S. A comparison of coral reef survey methods. **Bijdragen tot de Dierkunde**, Citeseer, v. 51, n. 2, p. 199–218, 1981.

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.

APÊNDICE A – ILUSTRAÇÃO DAS ESPÉCIES DE ANGIOSPERMAS
MARINHAS IDENTIFICADAS NUMA PRADARIA.

Figura A.1 – A-E. *Halodule beaudettei*. A. Variação apical B. Hábito; C. Bainha; D. Flor; E. Fruto. F-J. *Halodule wrightii*. F.Variação apical G. Hábito; H. flor; I. Infrutescência; J. Semente.

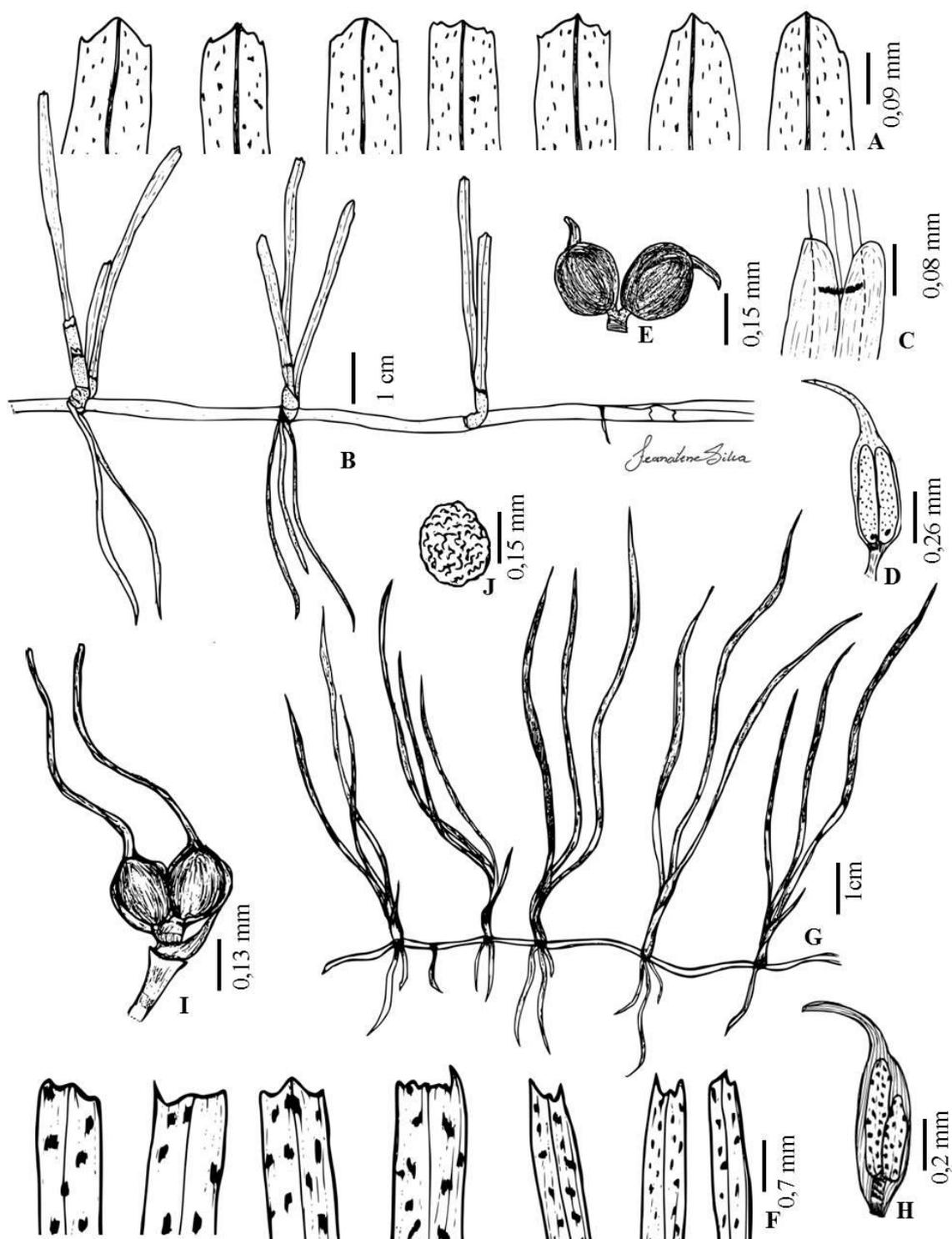
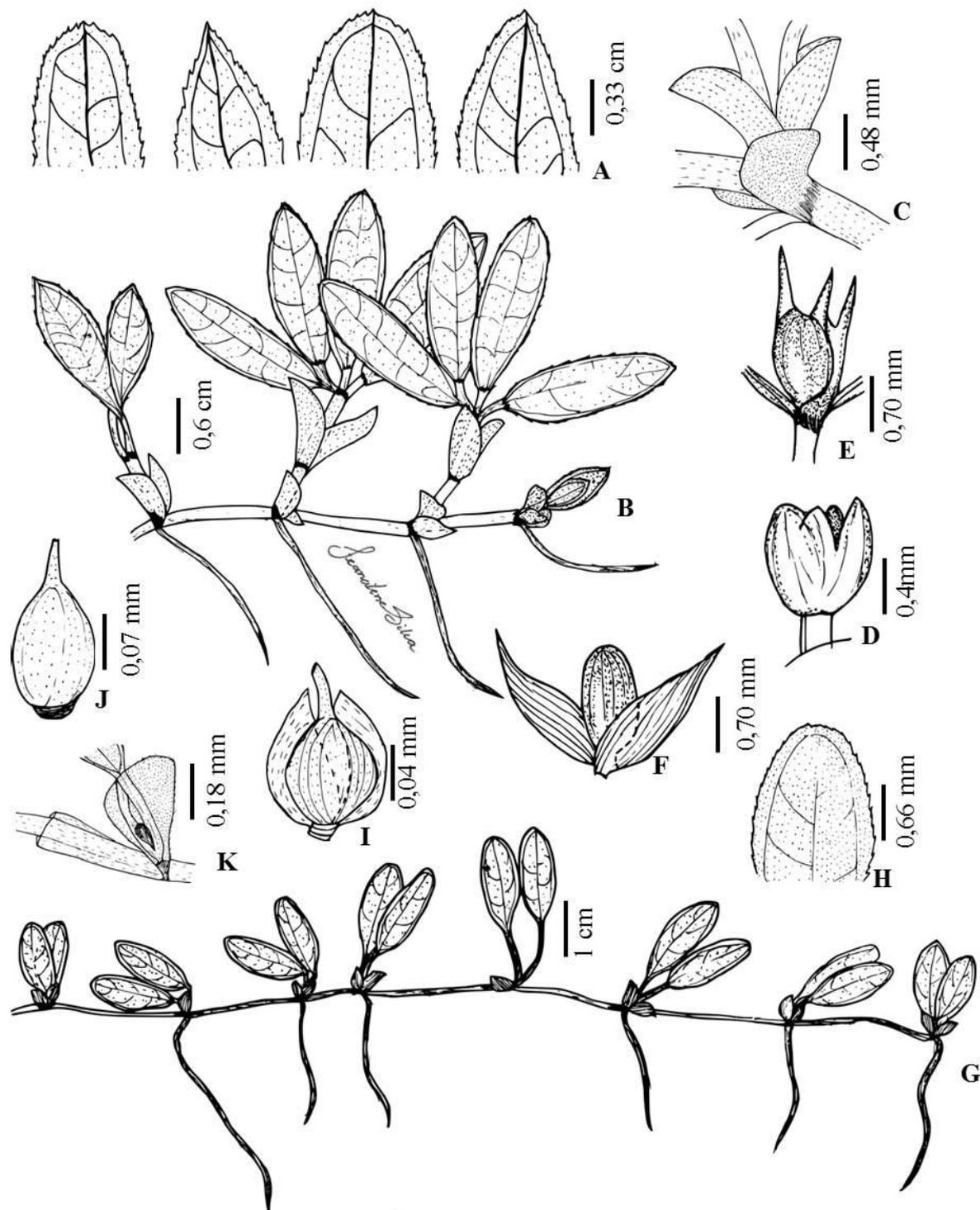


Figura A.2 – A-F. *Halophila baillonis*. A. Variação apical; B. Hábito; C. Bainha envolvendo rizoma e pecíolo; D. Flor masculina; E. Botão floral masculino envolto por brácteas; F. Botão floral másculo. G-K. *Halophila decipens*. G. Hábito; H. Folha; I. botão floral envolvido em bainha; J. Pistilo; K. Pistilo envolto por bráctea.



Fonte: Silva, 2016

APÊNDICE B – CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO POR MÉTODO DE PENEIRAMENTO.

Tabela B.1 – Classificação de tipos sedimentos por área, período e transectos na pradaria marinha da foz dos rios Timonha/Ubatuba na divisa do Ceará e Piauí, Nordeste do Brasil

Área	Período	Transecto	Média	Grau De Seleção	Larsonneur	Sheppard	
A	seco	1	Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa	
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia	
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa	
			2	Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
				Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
		3	Areia Muito Fina	Pobremente selecionado	Areia Biolitoclástica Fina a muito Fina	Areia	
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa	
			Areia Fina	Muito pobremente selecionado	Areia Litobioclástica Fina a muito Fina	Areia Cascalhosa	
		Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa		
		B	seco	1	Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa
Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado				Marga Arenosa	Areia Lamosa	
Silte Grossa	Muito pobremente selecionado				Marga Arenosa	Areia Lamosa	

Continua

Tabela B.1 - Classificação de tipos sedimentos por área, período e transectos na pradaria marinha da foz dos rios Timonha/Ubatuba na divisa do Ceará e Piauí, Nordeste do Brasil. (continuação)

Área	Período	Transecto	Média	Grau De Seleção	Larsonneur	Sheppard
		2	Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
		3	Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
C	seco	1	Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
		2	Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
		3	Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa

Continua

Tabela B.1 - Classificação de tipos sedimentos por área, período e transectos na pradaria marinha da foz dos rios Timonha/Ubatuba na divisa do Ceará e Piauí, Nordeste do Brasil. (continuação)

Área	Período	Transecto	Média	Grau De Seleção	Larsonneur	Sheppard
A	chuvoso	1	Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Muito Fina	Pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia
			Areia Muito Fina	Pobremente selecionado	Areia Litobioclástica Fina a muito Fina	Areia
		2	Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
		3	Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Fina	Muito pobremente selecionado	Areia Litobioclástica Fina a muito Fina	Areia Lamosa
		B	chuvoso	1	Sílte Médio	Muito pobremente selecionado
Sílte Médio	Muito pobremente selecionado				Marga Arenosa	Areia Lamosa
Sílte Médio	Muito pobremente selecionado				Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
2	Silte Grossa			Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
	Silte Grossa			Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia

Continua

Tabela B.1 - Classificação de tipos sedimentos por área, período e transectos na pradaria marinha da foz dos rios Timonha/Ubatuba na divisa do Ceará e Piauí, Nordeste do Brasil. (continuação)

Área	Período	Transecto	Média	Grau De Seleção	Larsonneur	Sheppard
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
		3	Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Sílte Médio	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
C	chuvoso	1	Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
		2	Areia Muito Fina	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
		3	Areia Muito Fina	Extremamente mal selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Silte Grossa	Muito pobremente selecionado	Marga Calcárea Arenosa	Areia Lamosa
			Areia Muito Fina	Extremamente mal selecionado	Marga Arenosa	Areia Lamosa

Fonte: a Autora.