



**Universidade Estadual da Paraíba
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação**



**Estrutura e Composição de Macroalgas
de Manguezais Hipersalinos do Rio
Grande do Norte, Brasil: Diversidade e
suas correlações com as variáveis
ambientais**

Leidson Allan Ferreira de Lucena

Campina Grande, fevereiro de 2012

Leidson Allan Ferreira de Lucena

**Estrutura e Composição de Macroalgas
de Manguezais Hipersalinos do Rio
Grande do Norte, Brasil: Diversidade e
suas correlações com as variáveis
ambientais**

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Thelma Lúcia Pereira Dias

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Antunes Horta

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Campina Grande, fevereiro de 2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

L935e Lucena, Leidson Allan Ferreira de.

Estrutura e composição de macroalgas de manguezais hipersalinos do Rio Grande do Norte, Brasil [manuscrito]: diversidade e suas correlações com as variáveis ambientais. / Leidson Allan Ferreira de Lucena. – 2012.

139 f. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2012.

“Orientação: Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias, Departamento de Biologia”.

1. Manguezais. 2. Hipersalinidade. 3. Macroalgas. 4. Rio Grande do Norte. I. Título.

21. ed. CDD 579.8

Universidade Estadual da Paraíba
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação

Leidson Allan Ferreira de Lucena

Aprovado em 27 de Fevereiro de 2012

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA



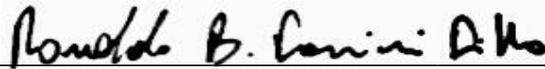
Prof^a Dr^a Thelma Lúcia Pereira Dias (Orientadora)



Prof. Dr. Paulo Antunes Horta (co-orientador/UFSC)



Prof. Dr. Sônia Maria Barreto Pereira (UFRPE)



Prof. Dr. Ronaldo Bastos Francinni Filho (UFPB)

Campina Grande, 27 de fevereiro de 2012

Dedico este trabalho a duas jóias mais preciosas de minha vida: Minha irmã Allane Ferreira de Lucena (in memorian) e a minha mãe Francineide Ferreira de Morais, por todo amor que vocês representam.

*“...somos com a Terra e outros astros os
eternos viajores em busca do nosso espaço
e nosso equilíbrio.” (Galileu Galilei)*

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos amigos espirituais que sempre caminham e estão comigo me guiando e auxiliando para que possa escolher sempre as melhores decisões.

A minha irmã querida, Allane Ferreira de Lucena, apesar de ter ido ao mundo espiritual tão cedo, sempre esteve ao “meu lado” auxiliando-me no decorrer desse trabalho.

Minha querida mãe, Francineide. Obrigado por sempre acreditar, dedicar e aconselhar-me com tanto Amor, sobre meu futuro e por ser sempre o exemplo maior de Família. Além da ajuda de todo suporte material, auxiliando na concretização de mais um sonho.

Ao meu pai, Jacinto Lucena, sempre confiante do desenvolvimento do meu trabalho.

A minha orientadora Dr^a Thelma Lúcia Pereira Dias, obrigado pela confiança e acreditar na minha capacidade, apesar de sermos de áreas distintas, sempre se dedicando e permitindo para que desenvolvesse meu trabalho. Obrigado por Tudo!!

Ao Dr. Paulo Antunes Horta, por sempre acreditar no meu potencial e nunca desistir de minha capacidade. Obrigado pela recepção em Florianópolis, Santa Catarina, na UFSC e em sua casa, que sempre conversando, me aconselhava nas melhores decisões e de raciocinar sobre as questões levantadas no trabalho. A sua esposa Ana Cláudia, e seus filhinhos Isabel, Iara e Joãozinho pela acolhida em Santa Catarina. Meu muito obrigado!!

A Luís Carlos, “Pop”, parceiro incontestável nas coletas. Obrigado pela coragem e dedicação de cruzarmos fronteiras, percorrendo mais de 500km de distância para chegarmos a Diogo Lopes, RN. Sei que sem a sua colaboração esta pesquisa não teria saído nem do papel. Muito obrigado por tudo, pelas idéias e pela hospedagem em Diogo Lopes.

A Dona Darci, obrigado pela hospedagem e ter me acolhido como um filho em Diogo Lopes, pelos peixes e frutos do mar preparados e por ter cedido o quintal da casa como um laboratório improvisado durante nossa hospedagem. A Seu Belo, quão grande pescador, obrigado pela paciência, pelas boas risadas e histórias locais. Obrigado por tudo!!!

Aos colegas de curso, Neto, Raquel, Klivia, Márcio, Ludmila, Thiago, Camilo, Coni, Fernanda, Elimar, Hermes, Marcele e Tatiane. Obrigado pela companhia e pelos bons momentos juntos de diversão e companheirismo.

Ao Dr. André Pessanha e Dr. Paulo Henrique pelos toques e discussão dos melhores métodos estatísticos a serem usados nos dados do presente trabalho.

Ao pessoal do Laboratório de Biologia Marinha (LaBiMar) da UEPB, graduandos Rafaela, Ronnie, Bianca, Douglas, Ellori pela companhia no laboratório e idas e vindas a congressos.

Ao pessoal do Laboratório de Ficologia (LAFIC) da UFSC, Eduardo, Fernando, Manu, Cíntia, Noele, pelo prazer concedido no auxílio das coletas, confiança e ter me apresentado Floripa.

Ao Professor e Mestre Dr. Eurico Cabral de Oliveira por disponibilizar seu tempo a irmos a Diogo Lopes e conhecer os manguezais hipersalinos, além de “sentar” e dispor de suas preciosas idéias acerca da ocorrência das espécies de macroalgas no local e das espécies novas que estão sendo descobertas, dando mais ânimo em seguir na carreira de taxonomia ficológica. Também quero agradecer a sua filha Mariana Cabral de Oliveira por ter ido conosco a Diogo Lopes e ter concedido o laboratório de Biomol da USP, caso queira fazer análises em São Paulo.

A minha namorada Kamila Hayla. Obrigado por todo amor, paciência, carinho e estímulo de força, para poder continuar na carreira que decide para a vida. Obrigado, principalmente, pela paciência de sempre esperar-me e nunca ter desistido por momentos em que não pude está presente em sua vida.

A Capes e Cnpq pela concessão da bolsa e pelo financiamento do projeto.

A todos que, diretamente e indiretamente, contribuíram com o sucesso do meu trabalho e que, por ventura, tenha esquecido. O meu Muito Obrigado!!!

SUMÁRIO

Introdução Geral ao Tema de Estudo e Objetivos da Pesquisa

RESUMO GERAL

GENERAL ABSTRACT

1. Introdução.....	17
1.1 Caracterização e Problematização dos Ecossistemas Manguezais	17
1.2 Justificativa.....	21
2. Questionamentos.....	22
3. Hipóteses de Estudo.....	22
4. Objetivos.....	23
4.1 Objetivo Geral.....	23
4.2 Objetivos Específicos.....	23
5. Estrutura Geral da Dissertação.....	24
6. Referências Bibliográficas.....	25

CAPÍTULO I – Estrutura da Comunidade e Biomassa de Macroalgas e sua Correlação com Variáveis Ambientais em dois Manguezais Hipersalinos

RESUMO

ABSTRACT

1.1 Introdução.....	33
1.2 Material e Métodos.....	36
1.2.1 Caracterização da Área de Estudo.....	36
1.2.2 Amostragem dos Dados	38
1.2.3 Procedimentos de Coleta	39
a) Biomassa	39
b) Dados Abióticos	39
1.2.4 Análise dos Dados.....	42
a) Procedimentos em Laboratório.....	42
b) Tratamento Estatístico.....	42
1.3 Resultados	45
1.3.1 Descritores Sintéticos	46
a) Riqueza	47
b) Diversidade de Shannon-Wiener	48
c) Equitabilidade de Pielou	50
d) Índice de Dominância de Simpson	51
1.3.2 Biomassa Média Total (g.m ⁻²)	52
1.3.3 Frequência das Espécies	55
1.3.4 Distribuição das Espécies e Descrição da Estrutura das Comunidades	56
1.3.5 Dados Abióticos	58
a) Salinidade	58
b) Temperatura	60
c) Profundidade e Transparência	61
d) Potencial Hidrogeniônico (pH)	62
e) Precipitação	64
f) Substrato	64
1.3.6 Correlação dos Padrões da Comunidade e das Populações Macroalgais com as Variáveis Ambientais	66
1.4 Discussão	68
1.5 Referências Bibliográficas.....	73

APÊNDICE

CAPÍTULO II – Riqueza e Similaridade: Uma Formação Diferente na Composição das Macroalgas de Manguezais Hipersalinos

RESUMO

ABSTRACT

2.1 Introdução.....	88
2.2 Material e Métodos.....	91
2.2.1 Caracterização da área de estudo	91
2.2.2 Procedimentos de Coleta.....	93
2.2.3 Análise dos Dados.....	93
a) Procedimentos em Laboratório.....	93
b) Análise dos Dados	95
2.3 Resultados.....	98
2.3.1 Florística	98
2.3.1.1 Inventário das Espécies	98
2.3.1.2 Composição Florística	104
2.3.2 Similaridade Ficoflorística	108
2.3.3 Aspectos Ficogeográficos	115
2.3.4 Relação dos Fatores Abióticos com os Manguezais Hipersalinos x Positivos	116
2.4 Discussão	119
2.4.1 Composição da Ficoflora	119
2.4.2 Distribuição Geográfica da Composição Macroalgal nos Manguezais Hipersalinos	123
2.4.3 Padrões Ficogeográficos	126
2.4.4 Manguezais Hipersalinos: Hotspots de Biodiversidade na Costa do Litoral Brasileiro	128
2.5 Referências Bibliográficas.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de espécies coletadas durante a amostragem quantitativa nas áreas dos rios Casqueira e Tubarão	45
Tabela 2: Valores obtidos para os índices de riqueza, diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e dominância de Simpson	47
Tabela 3: Valores médios da biomassa seca registrada para as áreas estudadas	53
Tabela 4: Fatores (Zonas e Substrato) que apresentaram influência direta na composição de macroalgas do rios Casqueira e Tubarão	57
Tabela 5: Resultados da Análise de Regressão Múltipla para os descritores sintéticos da comunidade e biomassa associados com os preditores ambientais durante a amostragem dos meses estudados para as duas áreas estuarinas e para as Zonas Leito e Raiz	67
Tabela 6: Resultados da Análise de Regressão Múltipla para as espécies mais frequentes com os preditores ambientais durante a amostragem dos meses estudados para as duas áreas estuarinas	67
Tabela 7: Distribuição geográfica e por tipo de habitat das áreas estudadas, com base na lista de espécies das macroalgas de cada trabalho levantado	97
Tabela 8: Análise de ANOSIM entre os fatores das Zonas Biogeográficas e entre os Manguezais Positivos e Hipersalinos	110
Tabela 9: Análise de ANOSIM entre os fatores por frequência por Tipo de Habitat, mostrando as principais diferenças para cada comparação	112
Tabela 10: Listas de espécies macroalgais coletada para os dois manguezais estuda ..	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista parcial dos rios Casqueira e Tubarão	36 e 37
Figura 2: Localização e mapa das áreas de estudo com indicação dos setores amostrais dos manguezais dos Rios Casqueira e Tubarão	41
Figura 3: Detalhe do <i>quadrat</i> lançado em umas das zonas amostradas	42
Figura 4: Média total da riqueza específica (S) referente aos meses de análise	48
Figura 5: Média total da riqueza específica (S) referente às zonas Leito e Raiz	48
Figura 6: Médias da diversidade de Shannon-Wiener (H') baseada no efetivo das espécies nos rios estudados entre as zonas Leito e Raiz	49
Figura 7: Médias mensais da diversidade de Shannon-Wiener (H') baseada no efetivo das espécies para os dois rios estudados	49
Figura 8: Médias das zonas de equitabilidade de Pielou (J') baseada na diversidade real e teórica máxima das espécies representadas, durante o período analisado	50
Figura 9: Médias mensais de equitabilidade de Pielou (J') mostrando a diferença entre as duas áreas, durante o período analisado	51
Figura 10: Dominância de Simpson (Lambda'), baseada no efetivo das espécies encontradas durante o estudo para as zonas Leito e Raiz	52
Figura 11: Dominância de Simpson (Lambda'), baseada no efetivo das espécies encontradas durante o estudo nos meses analisados	52
Figura 12: Variação da biomassa média durante o período seco e chuvoso nos dos rios	53
Figura 13: Variação média da Biomassa durante o período analisado nos dois rios	54
Figura 14: Ordenação resultante da análise de escalonamento multidimensional não-métrica (nMDS) sobre a variação da composição entre as áreas x zonas x substrato x meses x sazonalidade	58
Figura 15: Variação da salinidade média ao longo dos meses estudados	59
Figura 16: Gradiente de salinidade ao longo das estações estudadas	59
Figura 17: Variação da temperatura média mensal dos dois rios	60

Figura 18: Variação da temperatura média entre as estações para os dois rios	61
Figura 19: Variação da temperatura média entre as Zonas para os dois rios	61
Figura 20: Profundidade da coluna d'água e transparência médias das duas áreas durante o período de estudo	62
Figura 21: Variação média do pH entre as estações A1, A2 e A3	63
Figura 22: Variação média mensal do pH	63
Figura 23: Variação média do pH entre o período Seco x Chuvoso	63
Figura 24: Variação média em milímetros entre o período Seco x Chuvoso	64
Figura 25: Variação dos descritores sintéticos entre os tipos de substratos	65
Figura 26: Vista apresentando a localização das áreas de estudo	92
Figura 27: Representatividade dos táxons macroalgais e macrofíticas registrados nos Rios Tubarão e Casqueira	98
Figura 28: Distribuição do número de espécies macroalgais encontradas entre as famílias mais representativas nos Rios Tubarão e Casqueira	105
Figura 29: <i>Ulva</i> sp.	106
Figura 30: <i>Ulva reticulata</i> Forsskål	106
Figura 31: <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>lamourouxii</i> (Turner) Weber Van-Bosse	106
Figura 32: <i>Bryopsis corymbosa</i> J. Agardh	106
Figura 33: <i>Blidingia minima</i> (Nägeli ex Kützlin.) Kylin	106
Figura 34: <i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh	107
Figura 35: <i>Chondria arcuata</i> Hollenberg	107
Figura 36: <i>Gracilaria cearensis</i> (A. B. Joly & Pinheiro)	107
Figura 37: <i>Coelarthrum</i> sp.	107
Figura 38: <i>Bangia artropurpurea</i> (Roth) C. Agardh	107
Figura 39: Similaridade ficoflorística de Jaccard entre as áreas de estudo e áreas manguezais e marinhas do Brasil	109

Figura 40: Ordenação nMDS 2D com o índice de Jaccard entre as Zonas Biogeográficas (Tropical, Temperada-Quente e de Transição) e os Manguezais (Positivos e Hipersalinos)	111
Figura 41: Ordenação nMDS 2D com o índice de Jaccard por frequência de Tipo de habitat.....	111
Figura 42: Índices de Feldaman e Cheney para as zonas biogeográficas e manguezais amostrados	115
Figura 43: Número de espécies macroalgais por Divisão para cada área amostral	116
Figura 44: Relação entre o número de espécies x precipitação média anual encontradas para os manguezais	118

**INTRODUÇÃO GERAL AO TEMA DE ESTUDO E OBJETIVOS DA
PESQUISA**

RESUMO GERAL

Os ambientes costeiros e marinhos no mundo vem sofrendo um considerável processo de degradação nos últimos anos. As macroalgas, principais constituintes das comunidades fitobentônicas, são fundamentais para o estabelecimento do equilíbrio e resiliência dos ecossistemas nestes ambientes. Em padrões escalares, os manguezais são ambientes costeiros e podem ser considerados ecótonos, por haver uma interposição de ambientes continental e marinho sobrepostos. Os organismos existentes nestes ambientes tornam-se resistentes a forte transição que ocorre, a exemplo as macroalgas do grupo “Bostrychietum”, que formam comunidades homogêneas na maioria dos manguezais do mundo. Os manguezais podem estar distribuídos em duas categorias: os continentais, que abrigam comunidades biológicas resistentes às fortes variações físico-químicas, e as de ilhas oceânicas que formam bancos de águas rasas ou áreas lagunares bem separadas do continente. No Brasil, os manguezais são exclusivamente do tipo continentais, exceção os de Fernando de Noronha, com a maior área costeira na América do Sul. Este padrão ecossistêmico normalmente está associado a sistemas fluviais que são os estuários e é associado a diversos distúrbios biológicos, a exemplo das variações da salinidade; o que confere ambientes distintos em diversidade biológica, conferindo plasticidade fenotípica entre as populações. Os estuários podem ser classificados de três tipos: Positivos, “*Low-Inflow*” e Negativos. Manguezais brasileiros estão comumente associados a estuários Positivos que são aqueles em que a adição de água doce do rio, chuva, descarga e derretimento do gelo excedem a perda por evaporação ou congelamento, estabelecendo um gradiente de densidade longitudinal em que dirige um volume líquido de saída para o oceano. Porém, na região semi-árida do Nordeste brasileiro, ocorrem algumas particularidades ecossistêmicas. Os ambientes mangue-estuarinos demonstram características hipersalinas, sendo também considerados negativos e/ou inversos, pois, por situarem em regiões áridas e semi-áridas, a vazão de água doce nesses sistemas é praticamente nula o que os tornam com um gradiente de densidade longitudinal com o sinal oposto em relação aos estuários positivos e as concentrações de sal raramente inferiores a 42. Dois manguezais (Rio Casqueira e Tubarão), localizados no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, município de Macau, revelaram-se de caráter negativo e hipersalinos, além de serem bastante peculiares em termos de composição de espécies macroalgais e da própria dinâmica do ambiente. Um estudo-piloto realizado no mês de Abril de 2010 revelou uma ficoflora visualmente diversa, que atipicamente coloniza substratos lamacentos em grande abundância e que se assemelha àquelas tipicamente encontradas em ambientes marinhos típicos. Visando contribuir com o conhecimento científico acerca das macroalgas encontradas, o presente estudo tem como principal objetivo: realizar uma investigação da composição e estrutura da comunidade de macroalgas de dois manguezais hipersalinos no intuito de observar os efeitos da hipersalinidade sob padrões físico-químicos na dinâmica das comunidades algais, estabelecendo uma relação comparativa entre as populações e comunidades de algas marinhas dos ambientes estudados.

Palavras-chave: Tipos de Manguezais, Negatividade, Macroalgas, Rio Grande do Norte

GENERAL ABSTRACT

Marine and coastal environments in the world have been facing in the last years a notable environmental degradation process. Macroalgae are the main constituent phytobenthic communities, and they are essential to the establishment of balance and resilience these ecosystems. The mangrove swamps are coastal environments and may be ecotones, because they are an interposition of continental and marine environments overlap, in scalar patterns. The organisms found have become resistant with the strong transition that occur, such as *Bostrychietum* macroalgae, where they have formed the most homogeneous communities of mangrove swamps wide world. However, the mangrove swamps typically fall within one of two broad categories of classification: mainland or oceanic island. The mainland mangroves are home biological communities resistant with the strong physico-chemical variations, and of oceanic island mangroves form on shallow banks or in lagoonal areas well separated from the mainland. In Brazil, mangrove swamps are solely of type mainland, which form the major area these forests in the coastal South America. This ecosystemic pattern is normally associated with fluvial systems – the estuaries, and is combined with many biological disorders, such as salinity and flooding tolerance. The estuarine environments which give different environments in biological diversity, where can check trait plasticity between population. The estuaries can be classified in three categories: Positives, Low-Inflow and Negatives. Brazilian mangroves there are solely Positives Estuaries where the addition of freshwater river, discharge and thaw exceed the loss by evaporation or freezing, where longitudinal density gradients that drive a net volume output to the ocean. But in semi-arid region, Northeast of Brazil, there are some ecosystemic patterns. The estuarine-mangals show negative characters that are hypersaline and/or reverse, because the flow of freshwater systems are barely making them with a longitudinal density gradient with the opposite sign in relation the positive estuaries and salt concentrations rarely exceed 50. Two rivers (Casqueira and Shark rivers), located in setentrional coast of Rio Grande do Norte state, Macau city, have shown how negative estuaries (hypersaline and reverse), and are composition species of macroalgae many specific and have a very dynamic environment. A pilot study conducted in April 2010 have been showing one ficoflora visually diverse, that have colonized muddy substrates in great abundance unusually and then resembles those typically found in marine environments typical. To contribute to the scientific knowledge of macroalgae found, this study has as main objective: to do a investigation about composition and structure macroalgae of two hypersaline mangroves, so to observe the effects of hipersalinity and physic-chemical patterns in the dynamics of algal communities. Therefore, this work establishes a comparative relationship between communities and population of seaweeds this environments.

Keywords: Types of Mangroves, Negativity, Macroalgae, Rio Grande do Norte state

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros e marinhos vem sofrendo um considerável processo de degradação nos últimos anos, gerado pela crescente pressão sobre os recursos naturais marinhos e continentais e pela capacidade limitada desses ecossistemas absorverem os impactos resultantes (IBAMA 2002). As macroalgas, principais constituintes das comunidades fitobentônicas, são fundamentais para o estabelecimento do equilíbrio e resiliência dos ecossistemas costeiros e marinhos (HORTA et. al. 2001). Os manguezais podem ser considerados ecótonos, isto por haver uma interposição de ambientes continental e marinho que frequentemente sobrepõem-se (FELLER et al. 2010). Os organismos existentes nestes ambientes tornam-se resistentes a grande variação dos fatores abióticos que ocorrem, a exemplo as macroalgas do grupo “Bostrychietum”, que formam comunidades homogêneas na maioria dos manguezais no mundo (e.g. BEANLAND & WOERKERLING 1983, COPPEJANS & GALLIN 1989, MACHADO & NASSAR 2007).

Fatores físicos, químicos e físico-químicos podem tornar estes ambientes totalmente distintos entre si de acordo com as variações dos padrões globais climáticos e geográficos, em que habitats são gerados, suportando comunidades complexamente adaptadas. A partir deste ponto, o presente trabalho apresenta uma abordagem florística e da estrutura de comunidades de macroalgas de dois manguezais hipersalinos, localizados no litoral do Nordeste Brasileiro, correlacionando-as com fatores físico-químicos e geológicos das áreas estudadas. Porém, antes de abordar o tema proposto, há necessidade de melhor conhecer e entender os manguezais a seguir.

1.1 Caracterização e Problematização dos Ecossistemas Manguezais

O ecossistema manguezal é considerado um dos ambientes mais dinâmicos do planeta (DAWES et. al. 1999, ALONGI 2002, FELLER et. al. 2010, POLIDORO et. al. 2010). Sua extensão e características ambientais se alteraram drasticamente em virtude dos impactos causados ao meio ambiente e pelas mudanças climáticas globais ocorridas ao longo dos últimos milênios, em que os padrões ecossistêmicos estão sujeitos a vários distúrbios que variam em sua natureza intrínseca no tempo e no espaço (LACERDA et. al. 2006, ALONGI, 2008).

Por serem consideradas florestas típicas que estão situadas em áreas de confluência entre o rio e o mar nas áreas tropicais e subtropicais no mundo, estes ambientes fornecem habitats críticos para uma variedade de espécies terrestres, estuarinas e marinhas, o que os tornam ambientes de alta biodiversidade (PRIMAVERA 1998, KATHIRESAN & BINGHAM 2001, DORENBOSCH et. al. 2004).

Segundo Rutzler & Feller (1996), os manguezais podem estar distribuídos em duas categorias de ambientes: os continentais ou em ilhas oceânicas. Com base nestes autores, os manguezais continentais abrigam comunidades biológicas resistentes às fortes variações físico-químicas, a exemplo da formação de gradiente salino. Os manguezais de ilhas oceânicas formam bancos de águas rasas ou áreas lagunares bem separadas do continente e, normalmente, não possuem trechos de rios, porém mudanças intermitentes na salinidade podem ser provocadas pela intensa evaporação ou por fortes tempestades.

Os manguezais continentais estão associados a sistemas fluviais que são os estuários. Sua ocorrência foi objeto de estudos enfocando os mais diferentes aspectos de sua biologia em todo o mundo (COPPEJANS & GALLIN 1989, YOKOYA et. al. 1999, BECK et al. 2001, NAGELKERKEN et al. 2000a,b, NAGELKERKEN et al. 2001, COCHERET DE LA MORINIÈRE et al. 2004, MELVILLE, et al. 2005). Fatores como tolerância à salinidade, frequência de inundação e estratégias reprodutivas tornam estes ambientes totalmente distintos em diversidade biológica, conferindo plasticidade fenotípica dentre as populações (FELLER et. al. 2010).

Quando consideramos algum habitat de estuário no mundo, devido à grande variabilidade dos fatores abióticos, normalmente é avaliado por abrigar um baixo número de espécies e um alto número de espécimes, enquanto que em áreas de influência marinha ocorre o oposto (DAJOZ 1972, BREWER 1988). Este padrão de formação pode ser explicado, por exemplo, pelas fortes mudanças da salinidade que tendem a diminuir da desembocadura em direção ao continente e do tipo de sedimento associado (ELLIOT & MCLUSKY 2002).

Em 1964, foi realizado um simpósio sobre Estuários com a finalidade de estabelecer uma definição destes, onde ficou estabelecido que “todo ambiente costeiro com um corpo de água semi-aberto que possui uma conexão livre com o mar, sendo a água do mar diluída com água doce na medida em que se adentra no continente, é considerado um estuário” (LAUFF 1967, PRITCHARD 1967). Esta definição é baseada

de acordo com o gradiente de salinidade que diminui em direção ao continente. No entanto, esse padrão nem sempre é observado, de modo que alguns ambientes estuarinos apresentam um gradiente de salinidade diferente e por isso recebem denominações específicas, ou podem ser classificados quanto ao efeito das marés. Esta última classificação foi defendida por Fairbridge (1980 *apud* Sousa 2003), onde este autor menciona que todo corpo estuarino é dividido em três setores: o estuário inferior ou marinho, em conexão livre com o mar; o médio, sujeito a forte mistura entre a água doce e água salgada e o superior ou fluvial, caracterizado pela presença de água doce, mas, ainda, sujeito a ação das marés. Porém, esta definição não se aplica a todo corpo estuarino.

Revedo os conceitos e conhecendo os tipos de estuários presentes no mundo, Dyer (1997) classifica os estuários como Positivos, *Low-inflow* (Baixo-influxo) e Negativos (influxo elevado) todos relacionados ao gradiente salino. Os Positivos são aqueles em que adição de água doce do rio, chuva, descarga e derretimento do gelo excedem a perda por evaporação ou congelamento e estabelece um gradiente de densidade longitudinal em que dirige um volume líquido de saída para o oceano, se enquadrando de maneira plena na definição clássica de estuários. Estuários “*Low-Inflow*” ocorrem na ausência ou pequena influência de vazão de um rio, muitas vezes associados a zonas com altas taxas de evaporação, onde nos períodos mais secos observam-se zonas a montante de salinidade máxima, enquanto nos períodos chuvosos o estuário age como um positivo comum. Os estuários negativos ou inversos são tipicamente encontrados em regiões áridas onde não há nenhuma ou pouca vazão de água doce nesses sistemas. Eles são chamados inversos, ou negativos, pois o gradiente de densidade longitudinal tem o sinal oposto em relação aos estuários positivos (VALLE-LEVINSON 2010), observando-se um aumento de salinidade da desembocadura ou foz para montante. Por serem encontrados em ambientes com precipitação anual baixa, estuários inversos podem ser considerados hipersalinos, onde as concentrações de sal algumas vezes excedem 50 (veja DEBENAY, et al. 1989, SAVENIJE & PAGÈS 1992, MCLUSKY & ELLIOT 2004, SIMIER et al., 2004), enquanto em estuários positivos estes valores extremos variam de 0 a 30 com relação a distância e proximidade com o oceano.

Partindo dessa premissa, estuários podem comportar manguezais, constituindo ambientes exclusivos. A estrutura da floresta e variabilidade de habitats resultam

padrões de tolerância fisiológica e interações competitivas o que forma um mosaico de sucessões em resposta as fortes variações dos gradientes físico-químicos.

No Brasil, manguezais são exclusivamente do tipo continentais representando a maior área costeira destas florestas na América do Sul, com exceção de Fernando de Noronha (Pernambuco) e Ilha do Cardoso (Santos) que são ilhas oceânicas no continente sul-americano que apresentam mangue. Na Zona Costeira Brasileira, há algumas décadas, os manguezais ocupavam cerca de 25.000 km² de costa, estendendo-se do Oiapoque (AP) até Laguna (SC). No entanto, a partir da década de 70, com a expansão da carcinocultura e conseqüente devastação de manguezais, acredita-se que a área de florestas de mangue no Brasil sofreu uma considerável redução (SCHAEFFER-NOVELLI et. al . 2000). Spalding et al. (2010) estimam que, atualmente, a área de mangues brasileiros é inferior de 10.000 km², o que reforça a necessidade de conservação destes ambientes.

Esses manguezais estão inseridos em sua maioria a estuários tipicamente positivos (YOKOYA et al. 1999, FERNANDES et al. 2005, FIGUEIREDO et. al. 2007) e podem ser influenciados pelos tipos de costas que chegam a formar deltas, barreiras de praias e sistemas lagunares superficiais (VILLWOCK 1993). Em segundo plano, os manguezais podem estar associados a processos erosivos ou deposicionais gerado por ondas, marés e energias fluviais, formando sistemas morfodinâmicos específicos (SCHAEFFER-NOVELLI et. al. 2000).

Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, ocorrem algumas particularidades ecossistêmicas intimamente ligadas a fatores climáticos. Os ambientes mangue-estuarinos demonstram características hipersalinas e/ou inversas (SANTOS 2003, SILVA et. al. 2004, SOUTO 2004, DIAS 2006, SILVA et. al. 2009, MEDEIROS et. al. 2010). Savenije e Pagès (1992) e Valle-Levinson (2010) ressaltam, ainda, para que estuários tornem-se negativos (hipersalinos/inversos), não pode existir nenhuma vazão de água doce, caso ocorra é em condições mínimas e deve estar localizado em regiões áridas ou semi-áridas. Já Silva et. al. (2004) realizando uma caracterização física, química e físico-químico de 9 corpos estuarinos do litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, Brasil, mencionam que “estuário hipersalino é um corpo de água costeiro semi-fechado, com livre abertura para o oceano adjacente, estendendo-se até o limite de penetração da maré, no qual a água do mar advectada para o seu interior pelas correntes de maré tem a salinidade concentrada devido à influência desprezível da

descarga fluvial e à maior taxa de evaporação em relação à precipitação. Essa condição poderá ser alterada sazonalmente com o aumento da descarga fluvial, re-estabelecendo a zona de mistura do estuário clássico”.

Os manguezais brasileiros comumente estão associados a estuários positivos e abrigam comunidades macroalgais que crescem epifiticamente sobre pneumatóforos, raízes emersas e caules de plantas de mangue, dominados exclusivamente pelo grupo “Bostrychietum”, que inclui as macroalgas, principalmente, dos gêneros *Bostrychia*, *Caloglossa*, *Catenella* e *Ulva* (OLIVEIRA 1984, HADLICH 1984, HADLICH & BOUZON 1985, ZUCCARELLO et al. 2001). As macroalgas do “Bostrychietum” são resistentes às variações ambientais. Isto inclui a emersão e submersão durante os ciclos de maré, flutuações da temperatura, salinidade, luz e disponibilidade de nutrientes, o que torna desfavorável para a colonização de outras espécies de macroalgas marinhas e de água doce que são mais sensíveis (PHILLIPS et al. 1994). Logo, estes ambientes são conhecidos por possuírem uma baixa diversidade e por demonstrarem um caráter homogêneo na composição macroalgal. Vários estudos usam estes organismos como bioindicadores de poluição (OLIVEIRA 1984, MELVILLE et al. 2005, MELVILLE & PULKOWNIK 2007).

Estudos sobre a constituição das macroalgas presentes nos manguezais brasileiros, tem indicado padrões semelhantes na composição e dinâmica das assembléias macroalgais ao longo de toda costa (e.g. YOKOYA et al. 1999 – Ilha do Cardoso, SP; PAULA et al., 1989 – Ilha de Maracá, AP; CUTRIM et al., 2004 – Ilha de São Luis, MA). Porém, considerando as diferenças ambientais relacionadas, macroalgas de manguezais hipersalinos podem se organizar em comunidades diferentes composição e estrutura, uma vez que a salinidade pode representar um fator seletivo e negativamente nestes ambientes em particular. Neste sentido, tais ambientes que comportam florestas de mangue podem abrigar padrões de riqueza e diversidade distintas dos manguezais localizados em áreas estuarinas positivas, o que os tornam ambientes prioritários para estudo e conservação

1.2 Justificativa

Situada no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, no município de Macau (5°06’54’’S e 36°38’04’’W), a presente região, embora possua características

gerais dos ecossistemas estuarinos, revelou-se bastante peculiar em termos de composição de espécies macroalgais e da própria dinâmica do ambiente. Os dois ambientes estuarinos estudados, embora sejam mencionados como parte de dois rios atípicos, não possuem um aporte de água doce proveniente de uma nascente e se estendem por poucos quilômetros continente adentro. Um estudo-piloto realizado no mês de abril de 2010 revelou uma ficoflora visualmente diversa, que atipicamente coloniza substratos lamacentos em grande abundância e que se assemelha àquelas tipicamente encontradas em ambientes marinhos. Além de apresentarem-se estruturalmente diversificados, os ambientes estudados exibem uma salinidade da água marcadamente alta, raramente inferior a 42, sendo assim, considerados estuários hipersalinos. Para colonizarem ambientes tão atípicos, acredita-se que as macroalgas encontradas nestas áreas possam exibir uma estrutura da comunidade diferenciada daquelas normalmente observadas em manguezais típicos.

Essa pesquisa objetiva fornecer importantes subsídios ao conhecimento e monitoramento das áreas em questão, podendo revelar a presença de espécies novas e indicadoras de qualidade ambiental. Além disso, o presente estudo poderá fornecer subsídios e implicações relacionadas à perda de habitat e poluição, por exemplo, em um cenário de mudanças climáticas globais.

2. QUESTIONAMENTOS

O presente trabalho se orienta nos seguintes questionamentos:

- Os manguezais hipersalinos podem abrigar comunidades de macroalgas com estrutura distinta das tradicionalmente encontradas em manguezais positivos, possibilitando a coexistência de grupos (marinhos e manguezais)?
- Os extremos de salinidade podem sugerir um padrão ecossistêmico que se distingue de outras áreas de manguezais conhecidas para macroalgas?
- A característica hipersalina dos ambientes pode influenciar na composição (diversidade e/ou riqueza) da ficoflora ao longo de um gradiente salino?
- Os fatores abióticos atuam na estrutura das assembléias de macroalgas associados a diferentes tipos de substratos?
- A presença e abundância de espécies são estáveis em escala espacial e/ou sazonal?

3. HIPÓTESES DE ESTUDO

Partindo da premissa de que a salinidade é um fator limitante para o desenvolvimento e produtividade das algas e que esta pode causar alterações na dinâmica de suas populações, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- ✓ *Manguezais hipersalinos influenciam no aporte de macroalgas de outras áreas marinhas, favorecendo a coexistência de diferentes grupos.*
- ✓ *Os extremos de salinidade propiciam um novo padrão de biodiversidade, quando comparada as outras áreas de manguezais conhecidas.*
- ✓ *As variações dos fatores abióticos locais geram modificações na estrutura das assembléias de macroalgas ao longo de um gradiente salino.*
- ✓ *Devido à maior estabilidade ambiental durante a estação seca, as assembléias apresentam maior riqueza, diversidade e biomassa.*

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Realizar uma investigação sobre a composição e estrutura da comunidade de macroalgas de dois manguezais hipersalinos (Rio da Casqueira e o Rio Tubarão) localizados no município de Macau/RN.

4.2 Objetivos Específicos

- a) Inventariar a flora de macroalgas dos dois ambientes hipersalinos estudados;
- b) Descrever os padrões de distribuição dos manguezais em escala local das áreas de estudo, considerando as diferenças entre as áreas e sazonalidade (seco x chuvoso);
- c) Avaliar a biomassa algal em relação ao gradiente salino observado;
- d) Avaliar os diferentes fatores abióticos (pH, temperatura, precipitação mensal média, salinidade, transparência e profundidade) nos dois ambientes correlacionando com a ficoflora presente;
- e) Comparar a riqueza encontrada com aquela de outras áreas de manguezal, considerando seus diferentes tipos e floras de ambientes marinhos tropicais do litoral Brasileiro.

f) Relacionar os possíveis padrões biogeográficos encontrados para as macroalgas com os fatores ambientais observados em macro escala.

5. ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO

Os resultados do presente estudo estão organizados em dois capítulos. Toda pesquisa está sendo realizada em uma única área geográfica, porém diferenças metodológicas foram usadas para determinar os aspectos qualitativos e quantitativos das macroalgas coletadas nos dois rios.

O capítulo 1 fornece um inventário das macroalgas associadas aos dois estuários estudados, bem como uma comparação entre as comunidades estudadas e aquelas presentes em outras áreas marinhas e estuarinas do litoral brasileiro. O segundo capítulo abordará padrões de riqueza, diversidade e biomassa das macroalgas, por meio de análise espacial e sazonal. Assim, os capítulos seguintes intitulam-se: Capítulo 1 – Estrutura da Comunidade e Biomassa de Macroalgas e sua Correlação com Variáveis Ambientais em Dois Manguezais Hipersalinos; e Capítulo 2 – Riqueza e Similaridade: Uma Formação Diferente na Composição das Macroalgas de Manguezais Hipersalinos. Todos os capítulos conterão introdução com o principal objetivo a ser focado, material e métodos, resultados e discussão. As referências citadas estarão no final de cada um dos capítulos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONGI, D.M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**. 29:331-349pp. 2002.

ALONGI, D.M. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 76: 1-13pp. 2008.

BEANLAND, W.R. & WOELKERLING, Wm.J. *Avicennia* canopy effects on mangrove algal communities in Spencer Gulf, South Australia. **Aquatic Botany**. 17: 309-313pp. 1983.

BREWER, R. The Science of Ecology. **Saunders College Publishing Co.**, Philadelphia. 922pp. 1988.

COCHERET DE LA MORINIÈRE, E. ; NAGELKERKEN, I. ; VAN DER MEIJ, H. & VAN DER VELDE, G. What attracts juvenile coral reef fish to mangroves: habitat complexity or shade? **Marine Biology**. 144: 139-145pp. 2004.

COPPEJANS, E. & GALLIN, E. Macroalgae associated with the mangrove vegetation of Gazi Bay (Kenya). **Bulletin de la Societe Royale de Botanique de Belgique**. 122: 47-60pp. 1989.

CUTRIM, M.V.J.; SILVA, E.F. & AZEVEDO, A.C.G. Distribuição vertical das macroalgas aderidas em rizóforos de *Rhizophora mangle* Linnaeus nos manguezais de Parna-Açu e Tauá-Mirim (Ilha de São Luís/ MA - Brasil). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 17: 9-18pp. 2004.

DAJOZ, R. Ecologia geral. EDUSP, São Paulo, 474pp. 1972.

DAWES, C.; SIAR, K. & MARLETT, D. Mangrove structure, litter and macroalgal productivity in a northern-most Forest of Florida. **Mangroves and Salt Marshes**. 3: 259-267pp. 1999.

DEBENAY, J. P.; PAGÈS, J. & DIOUL, P. S. Ecological zonation of the hypersaline estuary of the Casamance River (Senegal): Foraminifera, zooplankton and abiotic variables. **Hydrobiologia**. 174: 161-176pp. 1989.

DIAS, T.L.P. Os peixes, a pesca e os pescadores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Macau-Guamaré/RN), Brasil. **Tese de Doutorado em Zoologia**. Departamento de Sistemática e Ecologia. UFPB. 167pp. 2006.

DORENBOSCH, M.; VAN RIEL, M. C.; NAGELKERKEN, I. & VAN DER VELDE, G. The relationship of reef fish densities to the proximity of mangrove and seagrass nurseries. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 60: 37-48pp. 2004.

DYER, K.R. Estuaries: a Physical Introduction. 2nd. Edn. John Wiley, London. 195pp. 1997.

ELLIOT, M. & MCLUSKY, D.S. The need for definitions in understanding estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 55: 815-827pp. 2002.

FELLER, I.C.; LOVELOCK, C.E.; BERGER, U.; MCKEE, K.L.; JOYE, S.B. & BALL, M.C. Biocomplexity in mangrove ecosystems. **Annual Review of Marine Science**. 2: 395-417pp. 2010.

FERNANDES, M.E.B.; SILVA, E.F.; LIMA, J.F.; VARELA, E.S.; HERCOS, A.P.; FERNANDES, C.M.; ARRUDA, C.C.B.; GOMES, G.; SANTOS, H.; SOARES, C. & SARAIVA, R.M. Distribuição espacial das macroalgas associadas às florestas de manguezais na península de Ajaruteua, Bragança-Pará. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 18: 11-17pp. 2005.

FIGUEIREDO, J. A.; MENOR, E.A.; NORIEGA, C.E.D. & BRANCO, E.S. Evolução físico-química de águas do estuário do rio Timbó, Pernambuco: um caso de reavaliação ambiental (1984 e 2003). **Estudos Geológicos**. 17 (1): 85-104pp. 2007.

HADLICH, R.M. Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue do Itacorubi – Florianópolis – Ilha de Santa Catarina – Brasil. I – Chlorophyta. *Ínsula*. 14: 121-138pp. 1984.

HADLICH, R.M. & BOUZON, Z.L. Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue do Itacorubi- Florianópolis – Santa Catarina – Brasil. II – Rhodophyta. *Ínsula*. 15: 89-116pp. 1985.

HORTA, P.A.; AMANCIO, E.; COIMBRA, C.S. & OLIVEIRA, E.C. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. **Hoehnea**. 28(3): 243-265pp. 2001.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2002. *Geo Brasil – Perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Edições IBAMA, Brasília. 447pp. 2002.

KATHIRESAN, K. & BINGHAM, B.L. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. **Advances in Marine Biology**. 40: 81-251pp. 2001.

LACERDA, L.D.; MAIA, L.P.; MONTEIRO, L.H.U.; SOUZA, G.M.; BEZERRA, L.J.C & MENEZES, M.O.T. Manguezais do Nordeste. **Ciência Hoje**. 39 (229): 24-29pp. 2006.

LAUFF, G.H. Estuaries. Publication No. 83. **American Association for Advancement of Sciences**, Washington D.C. 757pp. 1967.

PRITCHARD, D.W. What is an estuary: a physical viewpoint. pp. 3-5. In: G. H. Lauff (editor): *Estuaries*. **American Association for the Advancement of Science**. Washington D.C., publ. no. 83pp. 1967.

MACHADO, G.E.M. & NASSAR, C.A.G. Assembléia de macroalgas de dois manguezais do núcleo de Picimguaba – Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**. 58 (4): 835-846pp. 2007.

MCLUSKY, D.S. & ELLIOTT, M. The estuarine ecosystem: ecology, threats and management. Oxford University Press, London. 214pp. 2004.

MEDEIROS, A.M.A.; BARBOSA, J.E.L.; MEDEIROS, P.R.; ROCHA, R.M. & SILVA, L.F. Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró River Estuary (Semiarid Region of Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. 70(3): 551-557pp. 2010.

MELVILLE, F.; PULKOWNIK, A. & BURCHETT, M. Zonal and seasonal variation in the distribution and abundance of mangrove macroalgae in the Parramatta River, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 64: 267-276pp. 2005.

MELVILLE, F. & PULKOWNIK, A. Seasonal and spatial variation in the distribution of mangrove macroalgae in the Clyde River, Australia. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 71: 683-690pp. 2007.

NAGELKERKEN, I.; VAN DER VELDE, G.; GORISSEN, M.W.; MEIJER, G.J.; VAN'T HOF, T. & DEN HARTOG, C. Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 51: 31-44pp. 2000a.

NAGELKERKEN, I.; DORENBOSCH, M.; VERBERK, W.C.E.P.; COCHERET DE LA MORINIÈRE, E. & VAN DER VELDE, G. Importance of shallow-water biotopes of a Caribbean bay for juvenile coral reef fishes: patterns in biotope association, community structure and spatial distribution. **Marine Ecology Progress Series**. 202: 175-192pp. 2000b.

NAGELKERKEN, I.; KLEIJNEN, S.; KLOP, T.; VAN DER BRAND, R.A.C.J.; COCHERET DE LA MORINIÈRE, E. & VAN DER VELDE, G. Dependence of Caribbean reef fishes on mangroves and seagrass beds as nursery habitats: a comparison of fish faunas between bays with and without mangroves/seagrass beds. **Marine Ecology Progress Series**. 214: 225-235pp. 2001.

OLIVEIRA, E.C. Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds. In: Por, F.D. & Dor, I. (eds). Dr. W. Junk Publishers, The Hague. **Hydrobiology of the Mangal**. 55-65pp. 1984.

PAULA, E.J.; UGADIM, Y. & KANAGAWA, A.I. Macroalgas de manguezais da Ilha de Maracá – Estado do Amapá, Brasil. **Ínsula**. 19: 95-114pp. 1989.

PHILLIPS, A., LAMBERT, G., GRANGER, J.E. & STEINKE, T.D. Horizontal zonation of epiphytic algae associated with *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. pneumatophores at beachwood mangroves nature reserve, Durban, South Africa. **Botanica Marina**. 37:567-576pp. 1994.

POLIDORO, B.A.; CARPENTER, K.E.; COLLINS, L.; DUKE, N.C.; ELLISON, A.M.; ELLISON, J.C.; FARNSWORTH, E.J.; FERNANDO, E.S.; KATHIRESAN, K.; KOEDAM, N.E.; LIVINGSTONE, S.R.; MIYAGI, T.; MOORE, G.E.; NAM, V.N.; ONG, J.E.; PRIMAVERA, J.H.; SALMO, S.G.; SANCIANGCO, J.C.; SUKARGJO, S.; WANG, Y. & YONG, J.W.H. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PlosOne**. 5 (4): 1-10pp. 2010.

PRIMAVERA, J.H. Mangroves as nurseries: shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats in Tropical Australia. **Marine Biology**. 96: 193-205pp. 1998.

RUTZLER, K. & FELLER I.C. Caribbean mangrove swamps. **Scientific American**. March (1996): 94-99pp. 1996.

SANTOS, D.A.S. Mapeamento da área submersa da laguna de Diogo Lopes – Barreiras (RN). **Relatório de Graduação**. Departamento de Geologia. UFRN. 82pp. 2003.

SAVENIJE, H.H.G. & PAGÈS, J. Hypersalinity: a dramatic change in the hydrology of Sahelian estuaries. **Journal of Hydrology**. 135: 157-174pp. 1992.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M.L.G. & DE-ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and management society**. 3: 561-570pp. 2000.

SILVA, C.A.R.; MIRANDA, L.B. & SILVA, G.O. Caracterização física, físico-química e química dos estuários Apodi, Conchas, Cavalos, Açú, Guamaré, Galinhos, Ceará-Mirim, Potengi, Papeba e Guarafra. **Relatório Técnico Ambiental**. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Norte – IDEMA. 54pp. 2004.

SILVA, A.M.A.; BARBOSA, J.E.L.; MEDEIROS, P.R.; ROCHA, R.M.; LUCENA-FILHO, M.A. & SILVA, D.F. Zooplankton (Cladocera and Rotifera) variations along a horizontal salinity gradient and during two seasons (dry and rainy) in a tropical inverse estuary (Northeast Brazil). **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. 4 (2): 226-238pp. 2009.

SIMIER, M.; BLANC. L.; ALIAUME, C.; DIOUF, P.S. & ALBARET, J.J. Spatial and temporal structure of fish assemblages in an “inverse estuary”, the Sine Saloum system (Senegal). **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 59: 69-86pp. 2004.

SOUSA, R. G. Estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos presentes no estuário do rio Lima. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar. Universidade do Porto. Portugal. 158pp. 2003.

SOUTO, M.V.S. Análise multitemporal dos elementos geoambientais da região da Ponta do Tubarão, área de influência dos campos petrolíferos de Macau e Serra, Município de Macau/RN. **Dissertação de Mestrado em Geodinâmica e Geofísica**. UFRN. 130pp. 2004.

SPALDING, M.D.; BLASCO, F. & FIELD, C.D. World Mangrove Atlas. **International Society for Mangrove Studies**, Okinawa, Japan. 2010.

VALLE-LEVINSON, A(editor). Definition and classification of estuaries. **Contemporary issues in estuarine physics**. Cambridge University Press, New York, USA. 327pp. 2010.

VILLWOCK, J.A. A costa brasileira: geologia e evolução. **Anais do simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Subsídios a um gerenciamento ambiental**. Publ. ACIESP 87, vol. 1. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil. 1-15pp. 1993.

YOKOYA, N.S.; PLASTINO, E.M.; BRAGA, M. DO R.A.; FUJII, M.T.; CORDEIRO-MARINO, M. ESTON, V.R. & HARARI, J. Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. 22 (2): 195-204pp. 1999.

ZUCARELLO, G. C.; YEATES, P. H.; WRIGHT, J. T. & BARLETT, J. Population structure and physiological differentiation of haplotypes of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) in a mangrove intertidal zone. **Journal of Phycology**. 37: 235-244pp. 2001.

CAPÍTULO I
ESTRUTURA DA COMUNIDADE E BIOMASSA DE MACROALGAS E SUA
CORRELAÇÃO COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM DOIS MANGUEZAIS
HIPERSALINOS

RESUMO

Características fisionômicas e funcionais nos manguezais refletem a resposta das espécies componentes. Manguezais estão associados a sistemas estuarinos onde a produção de matéria orgânica é elevada, favorecendo a alta concentração de nutrientes dissolvidos. Comunidades de macroalgas em manguezais são caracterizadas pela baixa diversidade, com uma predominância de espécies do grupo “Bostrychietum”. Este grupo é resistente a mudanças constantes dos fatores abióticos, a exemplo da salinidade e temperatura. Manguezais hipersalinos são raros, porém encontrados em locais cujo teor de evaporação tende a serem superiores as taxas de precipitação e o fator salinidade pode ser preponderante para o estabelecimento de espécies macroalgais. O presente estudo examina se a variação da salinidade associada a outros fatores abióticos exercem influencia na estrutura das assembléias de macroalgas entre trechos próximos e distantes, em relação ao oceano, dos manguezais estudados (Rio Casqueira e Tubarão), além de tentar identificar se existe um padrão de sazonalidade. O material estudado foi proveniente de excursões de coletas quali/quantitativas realizadas ao longo dos dois estuários. Quatro estações de coleta foram demarcadas ao longo de cada rio, sendo três estações escolhidas baseadas com suas proximidades e distanciamento com o oceano, seguindo um gradiente de salinidade (A1, A2 e A3) e uma quarta estação aferida em pneumatóforos de *Avicennia schaueriana* (AR). Em cada estação uma área experimental de 50m² foi estabelecida e *quadrats* de PVC de 0,0625m² foram lançados aleatoriamente onde 15 elementos amostrais dispostos em cada transecto, por meio da técnica de raspagem total, aferiu a biomassa algal. O material foi preservado em formol a 5% com água ambiente, encaminhado a laboratório para ser triado e secado em estufa, a 60°C, para posterior pesagem. Foram verificados a salinidade, pH, profundidade e transparência, temperatura, precipitação média mensal e tipos de sedimentos associados. Buscou-se verificar as diferenças entre os índices ecológicos (riqueza, diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e dominância de Simpson), biomassa e os fatores abióticos com técnicas de Análise de Variância *one-way* (ANOVA). Cálculos de correlação entre as variáveis dependentes (índices de diversidade) foram estabelecidas com os fatores abióticos, por técnicas de Análise de Regressão Múltipla, além disso, testes *post-hoc* SNK e de Tukey HSD, foram utilizados para verificar as diferenças entre as médias. Uma MANOVA foi realizada para verificar as diferenças entre as áreas x meses x sazonalidade. O ajuste de Bonferroni foi usado para corrigir o *p*-valor e os dados brutos transformados em Log(X+1). A análise de SIMPER e nMDS, foi realizada para verificar a distribuição e frequência das populações por meio da similaridade de Bray-Curtis. A ANOSIM foi utilizada para evidenciar as diferenças significativas. Dados da ANOVA mostraram diferenças para os índices de riqueza, diversidade, equitabilidade e biomassa, além da salinidade, pH, temperatura, iluminância, transparência e profundidade, durante o período analisado, porém não mostrou diferenças entre as Estações A1, A2 e A3, sendo preferível comparar as macroalgas que ocorrem nas Zonas Leito e Raiz que mostraram diferenças significativas. Nas Zonas Leito as espécies *Caulerpa prolifera* foi dominante para o Rio Casqueira; já *Gracilaria* spp. e *Hypnea musciformis* foram as mais frequentes no Rio Tubarão. As Zonas Raiz foram dominadas pelas espécies *Bostrychia montagnei* e *Cladophoropsis membranaceae*. A salinidade, profundidade e transparência foram os principais fatores que interferiram na composição de macroalgas dos dois rios, sendo o Rio Casqueira mais perturbado do que o Rio Tubarão. As duas áreas apresentaram diferentes tipos de composição, sendo que não verificaram-se diferenças no que concerne ao padrão sazonal, com exceção da biomassa aferida, porém processos de coexistência de grupos algais são discutidos, do “Bostrychietum” com macroalgas oceânicas.

Palavras-chaves: Manguezais, Hipersalinidade, Macroalgas, Composição, Fatores Abióticos, Semi-Árido do Brasil

ABSTRACT

Mangroves are estuarine-associated systems where the production of organic matter is high, favoring the high concentration of dissolved nutrients. Macroalgal communities in mangroves are characterized by low diversity, with dominance of species inside "Bostrychietum" group. This group is resistant to the constant changes of abiotic factors, such as salinity and temperature. Hypersaline mangroves are rare, but they are found at sites whose evaporation rates tend to be higher than precipitation, then salinity may be a predominant factor for the establishment of macroalgal species. The present study examines whether the variation of the water salinity and other abiotic factors (such as precipitation and temperature) influences the structure of macroalgal assemblages between mangrove sites (Casqueira and Shark River). It also tries to identify if there is a pattern of seasonality in macroalgal composition. The material studied was obtained from qualitative/quantitative samples taken over the two estuaries. Four collection stations were demarcated along each river. Of these, three were chosen based on their closeness and distance to the ocean, over a salinity gradient (stations A1, A2 and A3). The fourth station was in pneumatophores of the white mangrove, *Avicennia schaueriana* (AR). At each station an experimental area of 50m² has been established and 15 samples of PVC quadrats (0.0625m²) were randomly placed. The macroalgae present in each of the 15 quadrats were removed from substrate. The samples were preserved in formaldehyde 5% with sea water, and then taken to the laboratory for sorting and drying at 60°C for later weighing (to obtain the algal biomass). At each site, we checked the water salinity, pH, depth and transparency, temperature, mean precipitation rate (for each month) and sediment characteristics. We evaluated the differences between the ecological indices (richness, Shannon-Wiener diversity, evenness of Pielou, and dominance of Simpson), biomass and abiotic factors using one-way ANOVA. Multiple Regression Analysis was used to correlate the dependent variables (diversity index) and abiotic factors. Then, post-hoc SNK tests and Tukey HSD were used to assess differences between means. MANOVA was performed to assess differences between the areas x seasonality x months. The Bonferroni correction was used to correct the p-value, and the raw data were log (X +1) transformed. The Non-multidimensional scaling (nMDS) and Similarity percentage (SIMPER) analysis were performed to investigate the distribution and frequency of populations through the Bray-Curtis similarity. Analysis of similarity (ANOSIM) was used to show significant differences. Data from ANOVA showed significant differences in the indices of richness, diversity, evenness and biomass, as well as salinity, pH, temperature, illuminance, transparency and depth during the study period. However, showed no differences between stations A1, A2 and A3, thus we prefer to compare the macroalgae that occur in the pneumatophores (AR) and Riverbed (stations A1 to A3), which showed significant differences. At Casqueira River, the species *Caulerpa prolifera* was dominant in the Riverbed. *Gracilaria* spp. and *Hypnea musciformis* were the most frequent in the Shark River. The pneumatophores were dominated by the species *Bostrychia montagnei* and *Cladophoropsis membranacea*. Salinity, depth and transparency were the main factors that interfere in the composition of seaweeds for the two rivers, and Casqueira River is more disturbed than the Shark River. The two areas had different macroalgal assemblages, and there were no differences regarding the seasonal pattern, with exception of biomass that was higher in the rainy season. The coexistence of "Bostrychietum" with oceanic algae is also discussed.

Keywords: Mangroves, hypersalinity, macroalgae, abiotic factors, Brazilian semiarid region, Rio Grande do Norte state

1.1 INTRODUÇÃO

Características fisionômicas e funcionais nos manguezais refletem a resposta das espécies componentes com relação aos fatores ecofisiológicos locais. Normalmente, manguezais estão associados a sistemas estuarinos caracterizados pela produção elevada de matéria orgânica, fato que favorece uma alta concentração de nutrientes dissolvidos (FIGUEIREDO et al., 2007). Além disso, fatores relacionados à variação de salinidade, temperatura, turbidez, condutividade, incidência luminosa, variação de sedimentos e frequência de inundação, provocada pelos ciclos das marés, são exemplos de como estes ambientes tem conferido plasticidade fenotípica a várias espécies que os habitam (DAWES, et al., 1999; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000; CALLAWAY et al., 2003; MELVILLE & PULKOWNIK, 2007).

Vários estudos têm demonstrado que os manguezais, apesar de apresentarem uma área relativamente pequena, a interface entre o continente e o mar, são um dos ambientes mais dinâmicos do planeta (LACERDA et al., 2006). Admite-se que o entendimento da imensa complexidade da interação de processos que determinam e mantêm a biodiversidade destes ecossistemas é um dos maiores desafios (DAVEY & WORKELING, 1985; CUNHA et al., 1999; YOKOYA et al., 1999; ALONGI, 2002; WALTERS et al., 2008; FELLER et al., 2010; POLIDORO et al., 2010).

Devido a sua alta complexidade (FELLER et al., 2010), o funcionamento natural dos manguezais pode sustentar uma alta produtividade secundária, provendo fontes alimentares para inúmeras comunidades humanas estabelecidas, habitats de proteção e reprodução para organismos estuarinos e marinhos (CUNHA et al., 1999), a exemplo de comunidades de várias espécies de peixes que usam o manguezal como berçário servindo de proteção contra predadores (DIAS, 2006).

Comunidades de macroalgas são caracterizadas pela baixa diversidade em manguezais (OLIVEIRA, 1984), com uma predominância de espécies do grupo homogêneo, o “*Bostrychietum*”, dos gêneros *Ulva*, *Bostrychia*, *Caloglossa* e *Catenella*, cuja dominância abrange a maioria dos ambientes gerados por manguezais do mundo, tais como América Latina (WEST, 1991; CORDEIRO-MARINO et al., 1992), África (LAMBERT et al. 1987; PHILIPS et al., 1996; EL-SHAROUNY & ISMAIL, 2001), Austrália (BEANLAND & WOERKELING, 1983; LAURSEN & KING, 2000) e Japão (TANAKA & CHIHARA, 1987). Por haver pouca variação interespecífica, muitas espécies deste grupo são importantes ferramentas no monitoramento e na avaliação de

mudanças ambientais causadas pela ação antropogênica, como exemplo, *Caloglossa leporeurii* (Montagne) G. Martens, *Bostrychia moritziana* (Sonder ex Kützing) J. Agardh e *Bostrychia tenuissima* R. J. King & Putock, que são comumente utilizadas como bioindicadoras de poluição estuarina (MELVILLE et al., 2005).

As algas do “Bostrychietum” normalmente aderem aos pneumatóforos, raízes e caules de árvores dos gêneros *Avicennia* L., *Rhizophora* L. e *Laguncularia* Gaertn, sendo importantes produtores, contribuindo com mais de 15% da produção primária bruta destes ecossistemas (DAWES et al., 1999). Por serem resistentes a mudanças constantes dos fatores abióticos, estas macroalgas típicas de manguezais são abordadas em estudos que focam aspectos das variações espaciais e temporais, biomassa e cobertura, e suas possíveis correlações com variáveis ambientais, como exemplo, salinidade e temperatura (e.g. CUTRIM, 1998; YOKOYA et al., 1999; CUNHA & COSTA, 2002; MACHADO & NASSAR, 2007).

A salinidade é um fator preponderante para o crescimento e estabelecimento de espécies de macroalgas nos ambientes marinhos costeiros (e.g. RAIKAR et al., 2001; PERFETO et al., 2004; LOUREIRO & REIS, 2008). Estudos focando zonação, composição e dinâmica de populações em ambientes costeiros e marinhos têm relatado uma marcada redução no padrão de composição de espécies com a queda da salinidade, havendo uma forte relação deste fator na estruturação de comunidades macrobentônicas (MIRANDA & PEREIRA, 1989; YOKOYA et al., 1999, MELVILLE et al., 2005; CHUNG et al., 2007). Em ambientes hipersalinos, a variação da composição de espécies é determinada por outros fatores, como por exemplo, o tempo de residência da água salgada advinda do mar e variação dos tipos de sedimentos no ambiente, enquanto a salinidade atua como um facilitador para a estruturação e colonização das comunidades macrobênticas (DEBENAY et al., 1989; SILVA et al., 2005).

Estuários hipersalinos são raros, porém são encontrados em locais cujo teor de evaporação tende a ser superior às taxas de precipitação, ocorrendo em áreas áridas e semi-áridas do mundo (VALLE-LEVINSON, 2010). Manguezais inseridos nestes ambientes são normalmente conhecidos para África como, por exemplo, Manguezal do Rio Casamance e Sahelian (Senegal – DEBENAY et al., 1989; SAVENIJE & PAGÈS, 1992) e Manguezal de Zanzibar (Tanzânia – ÓLAFSON et al., 2000). No Brasil, manguezais com características hipersalinas são referidos principalmente para o Nordeste (região semi-árida), tais como: Manguezal do Rio Ceará (BARROSO &

MATTHEWS-CASCON, 2009), Manguezal do Rio Mossoró (MEDEIROS et al., 2010) e Manguezais dos Rios Casqueira e Tubarão (presente estudo).

Estudos relacionados às macroalgas de manguezais são focados ao grupo “Bostrychietum”, nos entanto, segundo Lucena et al. (2011), os manguezais hipersalinos estudados abrigam uma composição de espécies macroalgais bastante diferente daquela dos manguezais típicos. Estes autores enfatizam que nestes ambientes de características peculiares, observa-se uma riqueza de macroalgas marcadamente superior.

Neste sentido, o presente capítulo objetiva analisar se a variação dos fatores abióticos nos manguezais dos rios Casqueira e Tubarão (Rio Grande do Norte) exercem influência na estrutura das assembléias de macroalgas entre trechos próximos e distantes em relação ao oceano. Além disso, busca-se identificar se existe um padrão de sazonalidade para os períodos seco e chuvoso, onde se subentende que no período chuvoso, com o acréscimo de “água doce”, a salinidade deve cair alterando os padrões de riqueza e diversidade das comunidades macroalgais.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida nos rios hipersalinos no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte: rios Casqueira e Tubarão (Figs. 1A e B), ambos situados no território do município de Macau (5°06'54''S e 36°38'04''W).

A região em estudo possui um clima semi-árido quente, sendo classificado como clima tropical equatorial com precipitação média anual de 560,7mm, com temperaturas mensais elevadas, médias anuais entre 28 a 30°C, obtendo máximas absolutas de 38°C e mínimas absolutas 20°C (INMET, 2010). O período seco estende-se, aproximadamente, de 8 a 9 meses, nos meses de julho a fevereiro. Na estação chuvosa é curta, de 3 a 4 meses, podendo ser iniciada no mês de fevereiro estendendo-se até meados de junho, porém as maiores concentrações de chuvas ocorrem sempre nos meses de março e abril, suficiente para tornar o clima úmido.

Os ventos, segundo os dados do Instituto Nacional de Meteorologia, sopram de leste a nordeste e estão relacionados ao Anticlone Sul diminuindo no Norte e Nordeste do Brasil, passando para a Zona de Convergência Intertropical. Vale salientar que a velocidade média dos ventos é de 20,5km/h, caracterizando-os como os ventos mais intensos da região. Os ventos fracos são predominantes nos meses de Fevereiro a Julho, e de Agosto a Janeiro prevalecem ventos fortes (INMET, 2010).

Dados de insolação observados na região são os maiores registrados no Brasil, tendo em média 2600horas/ano, equivalente a 7,1horas/dia de incidência de luz no ambiente (AZEVEDO et. al. 1987; INMET 2010).

Os fatores até agora citados, geram um clima tropical quente e seco tornando a evapotranspiração potencial anual média maior que a precipitação.





Figura 1: Vista parcial dos rios: A) Casqueira e B) Tubarão. Fotos: Getúlio Moura, 2002.

Tanto o Rio Tubarão quanto o Casqueira apresentam um gradiente inverso de salinidade, exibindo um aumento gradual da foz à montante. Nas proximidades da foz, a salinidade normalmente fica próxima à da água do mar, mas a medida que se desloca rio adentro, a mesma tende a aumentar. No rio Tubarão, por exemplo, esta variação pode ser de 37 a 55 (DIAS, 2006). Provavelmente, o alto grau de evaporação, aliado às chuvas escassas, dentre outros fatores, são os responsáveis pela manutenção destes ambientes hipersalinos.

O rio da Casqueira situa-se próximo à cidade de Macau e apresenta apenas algumas poucas casas estabelecidas nas suas margens. Por outro lado, diversas partes marginais deste rio são interrompidas por salinas e por projetos de carcinicultura, os quais podem ser considerados as principais fontes de impacto ambiental (ROSA et al., 2007). A pesca com rede de arrasto é realizada na área, mas ocorre esporadicamente e é de pequena escala (DIAS, 2002).

O rio Tubarão está inserido nos limites de uma unidade de conservação de uso sustentável, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (RDSPT). Três populações humanas estão estabelecidas nas margens do rio: Diogo Lopes, Barreiras e Sertãozinho, perfazendo cerca de 7.000 habitantes. As comunidades da RDSPT juntamente com os gestores da unidade atualmente vêm somando esforços para elaborar o futuro plano de manejo da Reserva, de modo que, a realização de pesquisas científicas na área é prioridade.

As áreas de estudo estão localizadas em uma região de relevante interesse econômico onde se destacam três atividades de extrema importância: a pesca, a

produção de sal e a exploração petrolífera. O município de Macau é responsável pela maior produção de pescado do Estado e está inserido em uma região considerada uma das principais produtoras de sal marinho do Brasil. Macau e territórios vizinhos concentram a maior produção brasileira de petróleo terrestre e a segunda maior em área marítima. Apesar de estar inserida em uma região explorada para diferentes fins, a costa setentrional do Rio Grande do Norte representa uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade brasileira (MMA, 2000), sendo considerada de importância biológica muito alta. E mesmo com todo o histórico de exploração econômica, esta área ainda é insuficientemente conhecida no tocante a sua biodiversidade (DIAS, 2006).

1.2.2 Amostragem dos Dados

O material estudado foi proveniente de coletas quali/quantitativas realizadas ao longo dos dois estuários, desde a porção mais baixa, conectada ao oceano 11km, até as porções mais altas a montante, as quais ainda sofrem influência das marés. Os referidos ambientes possuem média de 6m de profundidade e são considerados negativos quanto ao gradiente de salinidade, pois as taxas de evaporação excedem a entrada de água doce e a salinidade tende a aumentar do mar para trechos mais superiores. A salinidade chega a ser maior que 40, em trechos acima podendo ultrapassar 50.

Visando uma comparação entre as áreas, estações, meses e sazonalidade, considerando os períodos seco e chuvoso, buscou-se, primeiramente, conhecer em que meses a frequência da precipitação tende a ser maior na região para iniciar as coletas. A partir daí, houve uma concordância em realizar coletas bimensais que focassem o período seco (Setembro/10, Novembro/10 e Janeiro/11) e o período chuvoso abrangendo os meses de Março, Abril e Junho de 2011, estabelecendo pseudo-réplicas para comparação.

Foram demarcadas 4 estações de coleta ao longo de cada rio (Figura 2). Três estações foram escolhidas baseadas com suas proximidades e distanciamento do oceano: Estação 1 (mais próxima ao oceano), Estação 2 (entre o oceano e a última estação estabelecida) e Estação 3 (mais distante do oceano). O estabelecimento dessas estações seguiu um gradiente de salinidade e a variação do tipo de substrato em que as macroalgas estavam fixas. A quarta estação foi aferida em pneumatóforos de *Avicennia*

schaueriana. Esta estação caracterizou-se como uma estação extra (Estação Raiz), escolhida aleatoriamente, com finalidade de se observar possíveis diferenças da composição macroalgal ali presentes, em relação com as espécies ocorrentes nos leitos dos rios. Ver coordenadas geográficas de cada ponto na figura 2.

1.2.3 Procedimentos de Coleta

a) Biomassa

Em cada estação de coleta estabeleceu-se uma área experimental de 50m² (10m x 5m). *Quadrats* de PVC (Figura 3) de 0,0625m² de área (25cm x 25cm), foram aleatoriamente posicionados de forma paralela às margens de cada rio, sendo 15 elementos amostrais dispostos em cada transecto, totalizando 60 amostras/rio/mês.

Nos *quadrats* sorteados, foi empregada a raspagem total, na qual toda biomassa algal de cada *quadrat* foi removida. Após as coletas, as amostras dos *quadrats* foram acondicionadas em sacos plásticos fixadas em formol a 5% com água ambiente e armazenadas em baldes de 20 litros com as respectivas zonas devidamente identificadas. *A posteriori* o material foi encaminhado ao laboratório para ser triado e quantificado.

Para determinar o número de quadrados que seriam estabelecidos foi realizada uma análise de descritor de espécies.

b) Dados Abióticos

Nas coletas quantitativas foram estimados alguns parâmetros abióticos obtidos nas zonas amostrais durante cada coleta. A partir de amostras de água de superfície e fundo foram obtidas em campo as seguintes variáveis:

a) Temperatura

Valores de temperaturas foram estimados com um *termixto* de campo em *graus Celsius*.

b) pH

O potencial hidrogeniônico foi estimado com auxílio de um pHmetro portátil.

c) Profundidade e Transparência

Valores de profundidade e transparência foram estimados com auxílio de uma trena e Disco de Secchi, respectivamente.

d) Salinidade

A salinidade foi mensurada com auxílio de refratômetro portátil.

e) Precipitação Média Mensal

A precipitação foi estimada consultando o site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), www.inmet.gov.br. O intuito de se verificar a precipitação média de cada mês de coleta foi observar possíveis relações das assembléias de macroalgas e dos fatores abióticos com a variação da precipitação.

Para os dados de temperatura, pH, e salinidade a estimativa se deu por amostragens de superfície e fundo com intuito de verificar possíveis estratificações na coluna d'água. Salienta-se ainda que, entre os dados físico-químicos da estação das raízes (estações 4) verificou-se apenas a temperatura e intensidade luminosa, pois o principal objetivo de amostrar as macroalgas das raízes foi observar a diferença na composição e dinâmica na estrutura das comunidades comparadas com as macroalgas ocorridas no leito dos rios ao longo das três estações (1, 2 e 3).

O substrato amostrado ocorreu pela divisão de tipos, visualmente presentes nos dois mangues. Eles foram classificados em: *lamosos*, com maior predominância de matéria orgânica; *arenosos*, dominado por fragmentos de conchas e areia; e *lamoso-arenosos*, onde há um intermédio de dominância de matéria orgânica, fragmentos de conchas e areia.

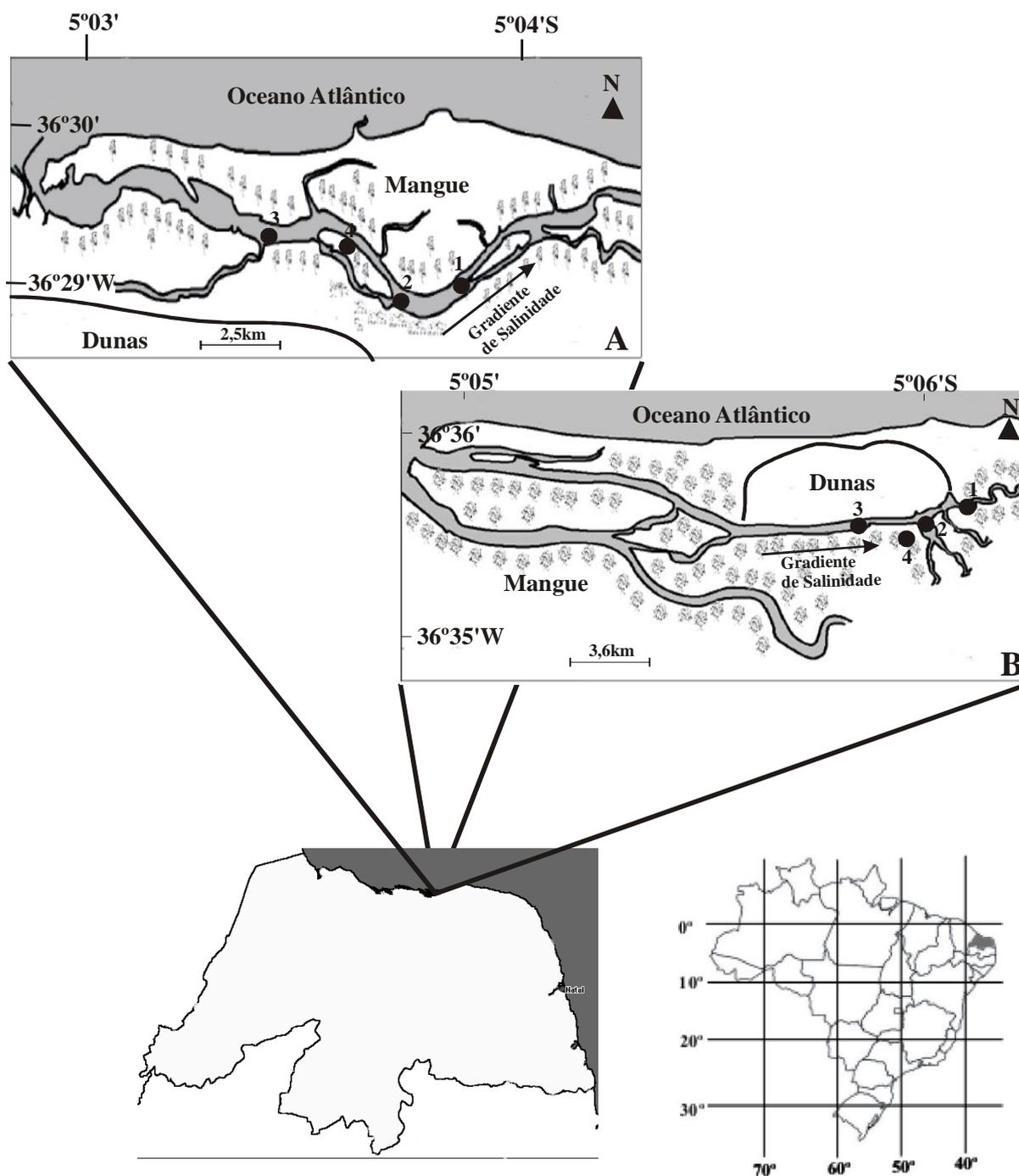


Figura 2: Localização e mapa das áreas de estudo com indicação dos setores amostrais dos estuários. **A) Rio Tubarão** – 1) 05°04'57,6''S e 36° 26'47,5''W; 2) 05° 04'57,5''S 36°27'24,9''W; 3) 05°04'32,1''S e 36°28'16,2''W; 4) 05°04'39''S e 36°27'42,5''W. **B) Rio Casqueira** – 1) 05°06'05,6''S e 36°31'33,1''W; 2) 05°06'23,0''S e 36°32'02,2''W; 3) 05°06'22,6''S e 36°32'47,3''W; 4) 05°06'22,6''S e 36°32'47''W. Obs: Os pontos de 1 a 3 representam as estações Leito dos rios, os pontos 4 representam as estações Raiz.

1.2.4 Análises dos Dados

a) Procedimentos em Laboratório

As macroalgas das coletas quantitativas foram criteriosamente triadas e identificadas a nível específico ou genérico, utilizando-se microscópio estereoscópio quando necessário. A biomassa de cada táxon foi estimada pelo peso seco (g/m^2) onde o material triado foi levado para secagem por 24h em estufa a 60°C , ou até obter um peso constante. *A posteriori* o material seco foi pesado em balança de precisão de 4 dígitos antes do zero e uma planilha de dados no Excel foi elaborada.



Figura 3: Detalhe do *quadrat* lançado nas zonas amostradas. Foto: Thelma Dias.

b) Tratamento Estatístico

Para os dados quantitativos, buscou-se verificar a existência de diferenças entre os índices ecológicos (riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância), biomassa e os fatores abióticos na distribuição das comunidades de macroalgas nos dois estuários hipersalinos, bem como diferenças internas entre as zonas de coletas e a variação entre o período sazonal. Desta maneira, testes de Análise de Variância Multivariada

(MANOVA), com a biomassa das espécies, foram utilizados através do pacote *Statistica 8.0*, considerando-se como fatores a localização das áreas amostradas pelo gradiente latitudinal no qual as condições climáticas locais permitem o desenvolvimento da hipersalinidade nos ambientes estudados. Para tais análises, as amostras de cada estuário consideraram-se réplicas as duas áreas (Casqueira X Tubarão), estações (1, 2, 3 e 4), temporais (meses estudados) e sazonalidade (Seco X Chuvoso). Além disso, testes de ANOVA com os descritores das comunidades foram aplicados para verificar a variabilidade entre estes fatores.

Os dados dos descritores sintéticos foram gerados com o software *Primer 6.0*, como índice de dominância de Simpson, riqueza, diversidade de Shannon-Wiener e equitabilidade de Pielou, para cada elemento amostral, seguindo as recomendações propostas por Clarke & Warwick (2001). Dentre as diversas opções de índice de diversidade, o índice de Shannon-Wiener foi escolhido por possuir uma equação mais satisfatória dentre as desenvolvidas para diversidade específica e de dominância, pois expressa a importância relativa de cada espécie e não apenas a proporção entre espécies e indivíduos, a exemplo do índice de Simpson (WIHLM, 1972; PIELOU, 1983; ROSSO, 1996; SPATHARIS et. al., 2011). Já a equitabilidade de Pielou é o índice de uniformidade mais difundido entre os trabalhos de ecologia e se refere ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies (DAGET, 1976).

Cálculos de correlação entre as variáveis dependentes (riqueza, diversidade, equitabilidade e biomassa) e contínuas (dados abióticos), foram gerados utilizando técnicas de Análise de Regressão Múltipla, aplicando o *stepwise*, usando o software *Statistica 8.0*. Este modelo de teste foi escolhido por melhor tentar prever uma resposta a partir das variáveis preditoras ambientais geradas em que explicasse a dinâmica entre as assembléias macroalgais nos dois ambientes seguindo modelos estabelecidos por Quinn e Keough (2002). Estes autores fornecem uma ampla estrutura para estes testes identificando uma resposta variável a partir de dados exponenciais, por exemplo, numa distribuição normal. Logo, poderão ser identificadas se as respostas geradas pela correlação das variáveis dependentes com as preditoras tendem a seguir um modelo linear ou não.

Para todos os testes paramétricos aferidos foram aplicados testes *post-hoc* de SNK (Student-Neuman-Keuls) e de Tukey HSD para verificar as diferenças entre as médias, disponíveis no pacote *Statistica 8.0*. Os dois testes foram escolhidos por serem recomendados para testes de comparações múltiplas (QUINN E KEOUGH, 2002). Para

todos os testes o valor do α foi corrigido aplicando o ajuste de Bonferroni, dando maior veracidade aos dados aferidos. Ainda sim, os dados brutos foram transformados em $\text{LOG}(X + 1)$, para diminuir a heterocedasticidade e testar a normalidade dos dados.

Uma análise multifatorial (Áreas x Estações x Meses x Sazonalidade) foi utilizada para mostrar as diferenças no padrão da composição das populações macroalgais, logo o Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS) foi empregado para evidenciar os principais grupos formados. Para ordenação dos grupos, os dados brutos foram transformados em Raiz Quarta para cálculo da matriz de similaridade através do coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, utilizando o programa *Primer 6.0*. A ANOSIM foi empregada para verificar as diferenças entre os principais grupos. Além disso, todos os valores de *stress* estiveram abaixo de 0.1, o que corresponde a uma boa ordenação, garantindo confiabilidade na interpretação dos resultados.

Para verificar a percentagem de contribuição das espécies, a frequência de ocorrência foi calculada considerando-se a metodologia empregada por Miranda & Pereira (1989). Estes autores classificam as espécies com relação ao número de meses que ocorreram, assim utilizou-se o seguinte critério: < 20%, espécies esporádicas, 20 – 50%, espécies pouco frequentes, 50 – 75%, espécies frequentes e $\geq 75\%$, espécies muito frequentes. Ainda, usou-se o SIMPER para verificar a similaridade e dissimilaridade entre as áreas x estações x meses x sazonalidade quanto ao grau de distribuição das espécies. Os dados não foram transformados para realização de tais análises.

O *p*-valor mínimo estabelecido pelo ajuste de Bonferroni foi de 0,009.

1.3 RESULTADOS

Foram identificados 64 táxons infragenéricos, totalizando 32 táxons do Filo Rhodophyta, 23 do Filo Chlorophyta, 7 táxons do Filo Heterokontophyta (Classe Phaeophyceae) e 2 Magnoliophyta. Dentre as rodofíceas a ordem Ceramiales foi a que apresentou maior número de espécies (18), seguida da ordem Gracilariales (9). Dentre as feofíceas a ordem mais representativa foi a Dictyotales com 6 espécies. No Filo Chlorophyta a Ordem Bryopsidales foi a mais representativa com 9 espécies, seguida das ordens Cladophorales e Ulvales, ambas com 6 espécies. O Rio Tubarão ocorreu maior número de espécies (65), enquanto que no Rio Casqueira foram identificadas 50 espécies. Ambas as áreas contribuíram com 28 espécies de rodofíceas (Tabela 1).

Tabela 1: Lista de espécies coletadas durante a amostragem quantitativa nas áreas dos rios Casqueira e Tubarão.

	Rio Casqueira	Rio Tubarão
Rhodophyta		
<i>Acanthophora spicifera</i> (M. Vahl) Børgesen	X	X
<i>Bostrychia calliptera</i> (Montagne) Montagne	X	-
<i>Bostrychia montagnei</i> Harvey	X	X
<i>Bostrychia radicans</i> (Montagne) Montagne	X	X
<i>Bostrychia</i> sp.	X	X
<i>Bostrychia</i> sp2.	X	X
<i>Bostrychia tenella</i> (J. V. Lamouroux) J. Agardh	X	X
<i>Bryothamnion triquetrum</i> (S. G. Gemlin) M. A. Howe	-	X
<i>Caloglossa lepreurii</i> (Montagne) G. Martens	X	X
<i>Catenella caespitosa</i> (Withering) L. M. Irvine	-	X
<i>Ceramium</i> sp.	-	X
<i>Chondria sedifolia</i> Harvey	-	X
<i>Chondria</i> sp.	X	X
<i>Coelarthrum</i> sp.	X	-
<i>Cryptonemia crenulata</i> (J. Agardh) J. Agardh	X	X
<i>Gracilaria birdiae</i> Palastino & E. C. Oliveira	X	X
<i>Gracilaria cearensis</i> (A. B. Joly & Pinheiro) A. B. Joly & Pinheiro	X	X
<i>Gracilaria cervicornis</i> (Turner) J. Agardh	X	-
<i>Gracilaria cuneata</i> Areschoug	X	X
<i>Gracilaria domingensis</i> (Kützinger) Sonder ex Dickie	X	-
<i>Gracilaria mammillaris</i> (Montagne) M. A. Howe	-	X
<i>Gracilaria</i> sp.	X	X
<i>Gracilariopsis</i> sp.	X	X
<i>Hydropuntia caudata</i> (J. Agardh) Gurgel & Fredericq	X	X
<i>Hypnea cervicornis</i> J. Agardh	X	-
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J. V. Lamouroux	-	X
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützinger	X	X
<i>Neosiphonia gorgoniae</i> (Harvey) S. M. Guimarães & M. T.	X	X

Continua...

Fujii		
<i>Polysiphonia subtilissima</i> Montagne	X	-
<i>Solieria filiformis</i> (Kützing) P. W. Gabrielson	-	X
Sp1.	X	X
<i>Spiridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey	X	X
Heterokontophyta (Phaeophyceae)		
<i>Dictyota cervicornis f. cervicornis</i> Kützing	X	X
<i>Dictyota ciliolata</i> J. Agardh	-	X
<i>Dictyota menstrualis</i> (Hoyt) Schnetter, Hörnig & Weber-Peukert	-	X
<i>Dictyota mertensii</i> (Martius) Kützing	-	X
<i>Dictyota pulchella</i> Hörnig & Schnetter	-	X
<i>Dictyota</i> sp.	X	X
<i>Ectocarpus variabilis</i> Vickers	X	X
Chlorophyta		
<i>Acetabularia crenulata</i> J. V. Lamouroux	X	X
<i>Boodleopsis pusilla</i> (F. S. Collins) W. R Taylor, A. B. Joly & Bernatowicz	X	X
<i>Bryopsis corymbosa</i> J. Agardh	X	X
<i>Bryopsis pennata</i> J. V. Lamouroux	X	X
<i>Caulerpa cupressoides</i> (West) C. Agardh	X	X
<i>Caulerpa mexicana</i> Sonder ex Kützing	X	X
<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J. V. Lamouroux	X	-
<i>Caulerpa racemosa</i> (J. Agardh) Børgesen	X	X
<i>Caulerpa sertularioides</i> (S. G. Gemlin) M. A. Howe	X	X
<i>Caulerpa veticulata</i> J. Agardh	X	-
<i>Chaetomorpha aérea</i> (Dillwin) Kützing	X	X
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing	-	X
<i>Cladophora</i> sp.	X	X
<i>Cladophora vagabunda</i> (L.) Hoek	X	X
<i>Cladophoropsis membranaceae</i> (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen	X	X
<i>Monostroma</i> sp.	-	X
<i>Rhizoclonium africanum</i> Kützing	X	X
<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	X	X
<i>Ulva clathrata</i> (Roth) C. Agardh	X	X
<i>Ulva fasciata</i> Delile	X	X
<i>Ulva flexuosa subs. flexuosa</i> Wulfen	-	X
<i>Ulva lactuca</i> L.	X	X
<i>Ulva reticulata</i> Forsskål	X	X
Filo Tracheophyta		
<i>Halodule wrightii</i> Ascherson	X	X
<i>Halophila decipiens</i> Ostefeld	X	X

1.3.1 Descritores Sintéticos

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para os índices de riqueza, diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e dominância de Simpson.

Estes valores variaram significativamente entre as duas áreas, as estações e os meses estudados quando comparados pela MANOVA. Dados para a sazonalidade não mostraram diferenças significativas, com $F=5,62$ e $p>0,01$. As Estações 1, 2, 3 e 4 apresentaram diferenças na A2 e A4, com Tukey HSD e SNK: $p<0,001$, fator este possivelmente caracterizado pelo tipo de substrato presente, uma vez que não foi possível observar uma zonação definida nos dois rios, sendo assim foi preferível agrupar as estações em duas zonas: Leito e Raiz, para uma melhor compreensão das assembléias.

Fonte	Teste de Roy	F	Efeito DF	Erro DF	P
Áreas	1,21	203,67	4	669	<0,001*
Estações x Áreas	0,81	90,71	6	672	<0,001*
Meses x Estações x Áreas	0,97	16,44	40	672	<0,001*

Tabela 2: Valores obtidos para os índices de riqueza, diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e dominância de Simpson. Resultados fatorial da MANOVA, efeitos referentes às duas áreas (Rios Casqueira e Tubarão), as estações (1, 2, 3 e 4) e aos meses analisados (set/10, nov/10, jan/11, mar/11, abr/11 e jun/11). Testes *post-hoc* serão referidos no texto. * indica significância nos dados.

a) Riqueza

Tanto o rio Casqueira quanto o Tubarão foram diferentes na composição de espécies ao longo dos meses avaliados, com alta significância (Tukey HSD e SNK: $p<0,001$) (Figuras 4 e 5).

Os índices mais altos de riqueza foram registrados nos meses de setembro para o Rio Casqueira ($16,25\pm 1,62$) e junho no Rio Tubarão ($20,25\pm 5,25$). O mês de novembro foi o período que apresentou uma maior redução da riqueza, com o manguezal do Rio Casqueira apresentando médias de $5,5\pm 1,5$ e o Rio Tubarão de $13,75\pm 2,87$. A partir do mês de janeiro observa-se uma recuperação da riqueza para os dois manguezais, atingindo os maiores valores para o mês de junho, Casqueira: $11,5\pm 5$; e Tubarão: $20,25\pm 5,25$. Os testes *post-hoc* variaram significativamente entre os meses (SNK e Tukey HSD: $p<0,001$), principalmente nos meses de setembro e junho. As macroalgas das zonas Leito e da Raiz apresentaram uma similaridade nos padrões de riqueza

(APÊNDICE 1). Os maiores índices foram encontrados para as Zonas Leito (14,11±5,69) em relação às Zonas Raiz (9,41±1,58) dos dois rios, Tukey HSD e SNK: $p < 0,001$.

b) Diversidade de Shannon-Wiener

Os índices de diversidade apresentaram diferenças significativas nos dois rios, zonas e meses (Tukey HSD e SNK: $p < 0,001$). Os maiores índices são encontrados para as Zonas Leito durante o período analisado (Casqueira: 2,33±0,46; Tubarão: 5,02±0,26), enquanto as Zonas Raiz obtiveram menores índices (Casqueira: 1,27±0,26; Tubarão: 1,14±0,28), Tukey HSD e SNK: $p < 0,001$ (Figura 6).

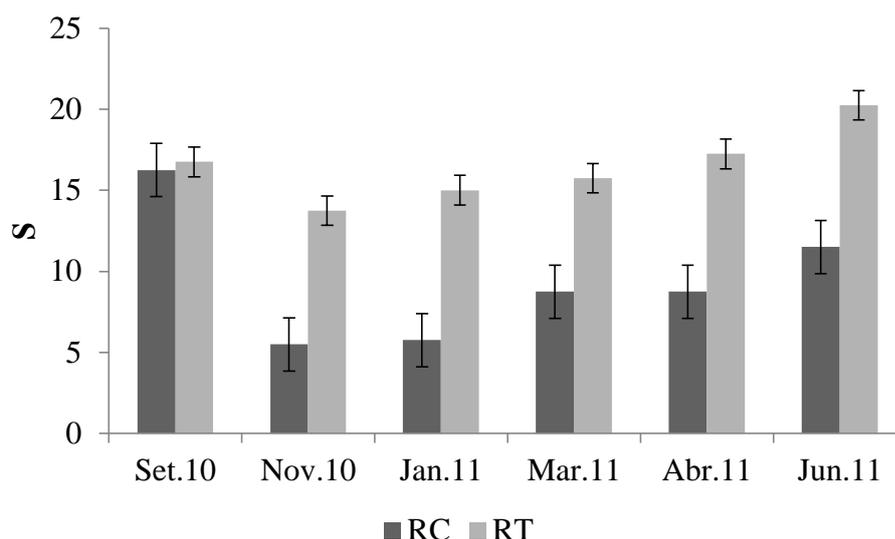


Figura 4: Média total da riqueza específica (S) encontradas nos rios Casqueira(C) e Tubarão (T), RN.. Barras referem-se ao desvio padrão (\pm).

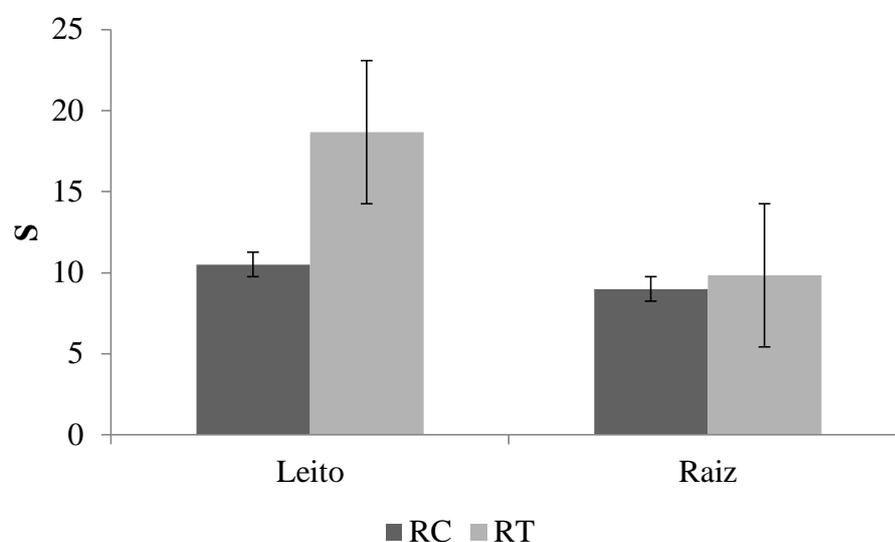


Figura 5: Média total da riqueza específica (S) referente às zonas Leito e Raiz, dos rios Casqueira (C) e Tubarão (T), RN. Barras referem-se ao desvio padrão (\pm).

Durante os meses, os índices mais altos foram registrados para setembro no rio Casqueira ($1,32 \pm 0,20$), porém com uma maior variabilidade quando comparado aos outros meses. No Tubarão, os maiores valores foram para o mês de Junho ($1,73 \pm 0,34$), mas com uma menor variação entre os meses, sugerindo um ambiente menos perturbado.

Quando estes valores foram comparados pelos *post-hoc*, somente os meses de setembro, novembro e junho mostraram diferenças, Tukey HSD e SNK: $p=0,001$, relacionados a janeiro, março e abril (Tukey HSD e SNK: $p=0,68$), Figura 7. Ver dados de todos os meses no APÊNDICE 1.

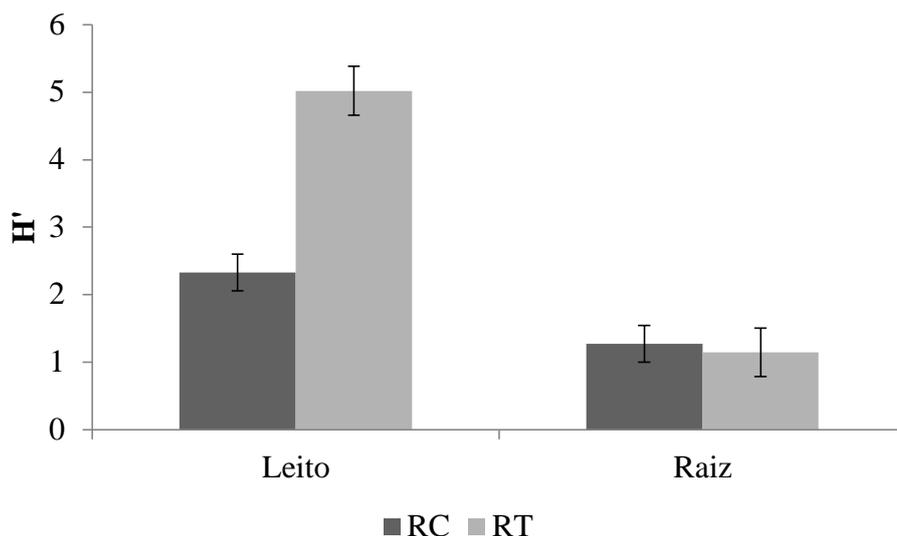


Figura 6: Médias da diversidade de Shannon-Wiener (H') baseada no efetivo das espécies nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T), estudados entre as zonas Leito e Raiz. Barras referem ao desvio padrão

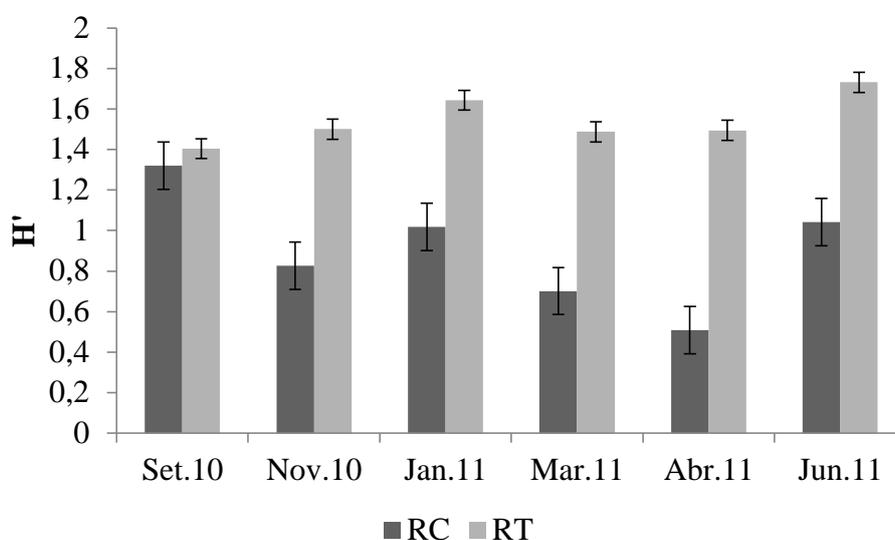


Figura 7: Médias mensais da diversidade de Shannon-Wiener (H') baseada no efetivo das espécies para os rios Casqueira (C) e Tubarão (T). Barras referem ao desvio padrão (\pm).

c) Equitabilidade de Pielou

O índice de equitabilidade de Pielou expressa a diversidade real e diversidade máxima teórica, representando a uniformidade da comunidade, expressada quando todas as espécies estão representadas pelo mesmo número de exemplares.

O manguezal do Rio Casqueira mostrou maior variabilidade de uniformidade entre as macroalgas do leito ($0,35 \pm 0,17$) em relação à raiz ($0,56 \pm 0,12$) para o período analisado (Tukey HSD e SNK: $p < 0,001$). No Rio Tubarão, com menor variabilidade, a Zona Leito deteve os maiores valores ($0,57 \pm 0,09$) e Raiz com menor uniformidade ($0,50 \pm 0,07$), Tukey HSD e SNK: $p < 0,001$ (Figura 8).

Durante os meses analisados, no Rio Tubarão houve um maior padrão de uniformidade com pouca variabilidade, já o Rio Casqueira obteve uma maior variabilidade nos dados. Os testes *post-hoc* de Tukey HSD e SNK mostraram diferenças da equitabilidade para os meses de Janeiro e Junho nos dois rios ($p > 0,001$), com Rios Tubarão e Casqueira detendo médias de $0,60 \pm 0,07$ e $0,56 \pm 0,24$, para Janeiro e Junho com $0,58 \pm 0,08$ e $0,46 \pm 0,01$, respectivamente (Figura 9).

Os índices de Pielou encontrados refletem um maior grau de perturbação evidenciado para o Rio Casqueira, enquanto o manguezal do Rio Tubarão se encontra em menor grau. Ver dados de todos os meses no APÊNDICE 1.

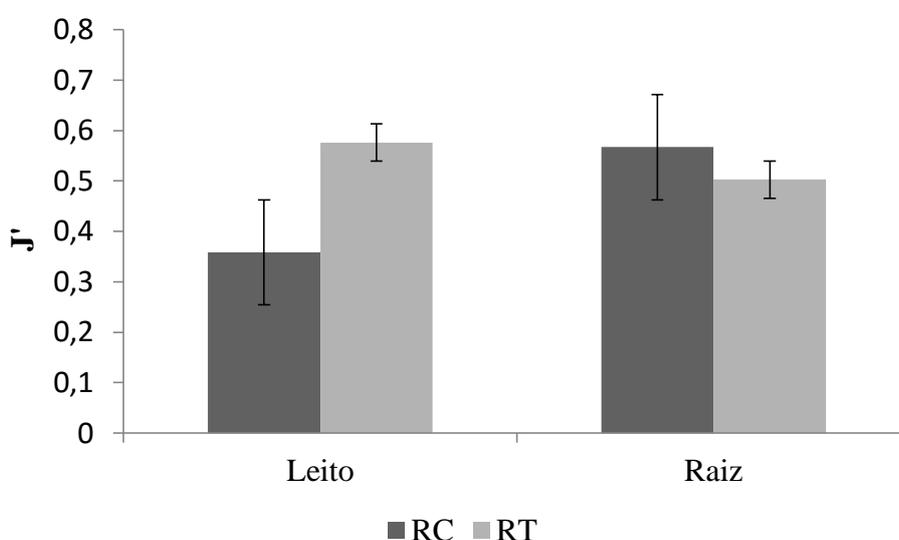


Figura 8: Médias das zonas de equitabilidade de Pielou (J') nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T), durante o período analisado. Barras referem ao desvio padrão (\pm).

d) Índice de Dominância de Simpson

Os valores de dominância diferiram significativamente entre os meses, as áreas e as zonas Leito e Raiz ($F=4,89$; $p<0,001$). Os testes de Tukey HSD e SNK apresentaram diferenças entre os meses de setembro, novembro, janeiro e junho ($p>0,001$), entre as áreas e zonas, sendo altamente significativos ($p<0,001$). Assim, a Zonas Leito e Raiz do Rio Tubarão tiveram médias de $0,71\pm0,10$ e $0,54\pm0,09$, respectivamente. No Rio Casqueira a Zona Leito obteve valores de dominância menores e maior variabilidade que a Zona Raiz, com médias de $0,39\pm0,22$ e $0,61\pm0,13$, respectivamente (Figura 10).

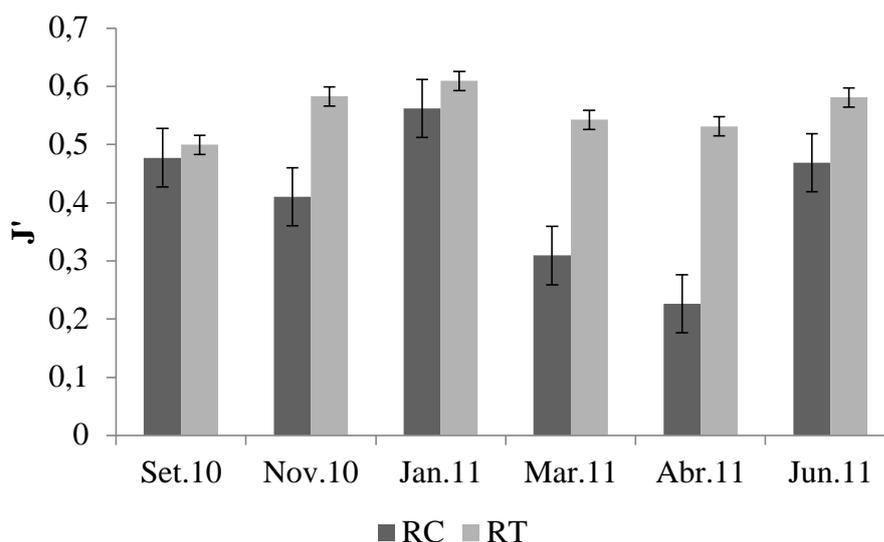


Figura 9: Médias mensais de equitabilidade de Pielou (J') mostrando a diferença entre os rios Casqueira (C) e Tubarão (T), durante o período analisado. Barras referem ao desvio padrão (\pm).

Entre os meses avaliados (Figura 11), os maiores valores de dominância foram entre setembro (Casqueira: $0,61\pm0,11$; Tubarão: $0,60\pm0,18$) e junho (Casqueira: $0,53\pm0,11$; Tubarão: $0,71\pm0,12$), sendo março e abril os meses com os menores valores (ver APÊNDICE 1).

Para a Zona Leito do Rio Casqueira, os valores de dominância apresentam uma maior variabilidade, quando comparada as Zonas Raiz e a Zona Leito do Rio Tubarão, o que pode ser caracterizado pela alta representatividade da espécie *Caulerpa prolifera* nos meses analisados.

Contudo, para as Zonas Leito das duas áreas as espécies dominantes diferiram, sendo: *Caulerpa prolifera* a mais dominante para o Rio Casqueira, e para o Rio Tubarão *Gracilaria domigensis*, *Hypnea musciformis* e *Acanthophora spicifera*, sendo mais dominantes durante o período analisado.

Na Zona Raiz dos dois Rios, ocorreu uma dominância de *Bostrychia montagnei* e *Cladophoropsis membranacea*.

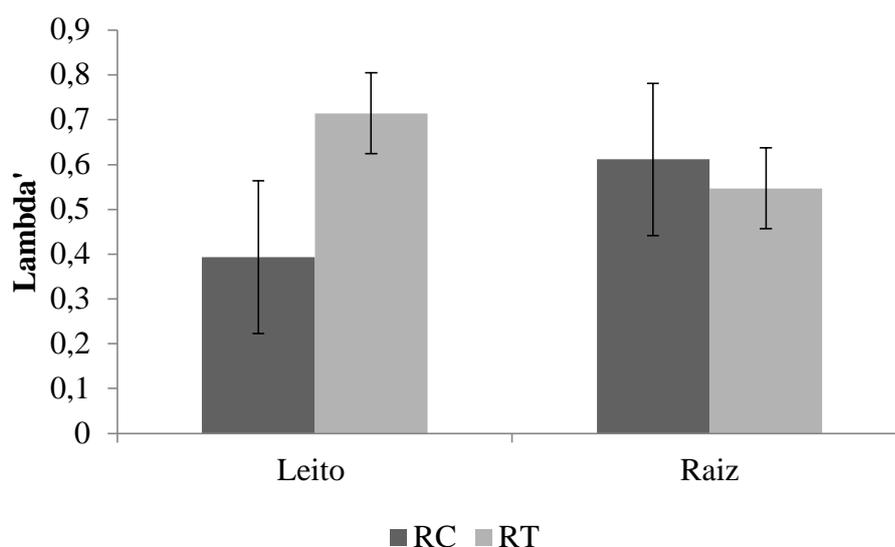


Figura 10: Dominância de Simpson (Lambda'), baseada no efetivo das espécies encontradas durante o estudo para as zonas Leito e Raiz, referentes aos dois rios Casqueira (C) e Tubarão (T). Barras se referem ao desvio padrão (\pm).

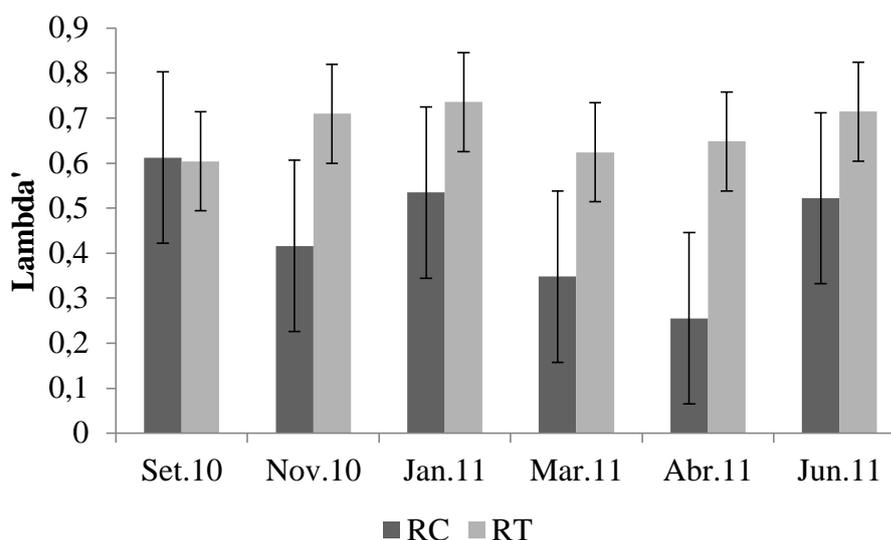


Figura 11: Dominância de Simpson (Lambda'), baseada no efetivo das espécies encontradas durante o estudo nos meses analisados (médias) nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). Barras se referem ao desvio padrão (\pm).

1.3.2 Biomassa Média Total (g.m^{-2})

A biomassa média total das espécies não apresentou diferenças para os dois rios ($F=0,15$; $p=0,70$), porém observa-se uma relação entre as zonas x meses x sazonalidade. ($F=29,2$; $p<0,001$), cuja maior variabilidade se deu durante o período chuvoso

(160,06±11,61) em relação ao seco (127,43±15,43), havendo um aumento da biomassa nos rios (Figura 12).

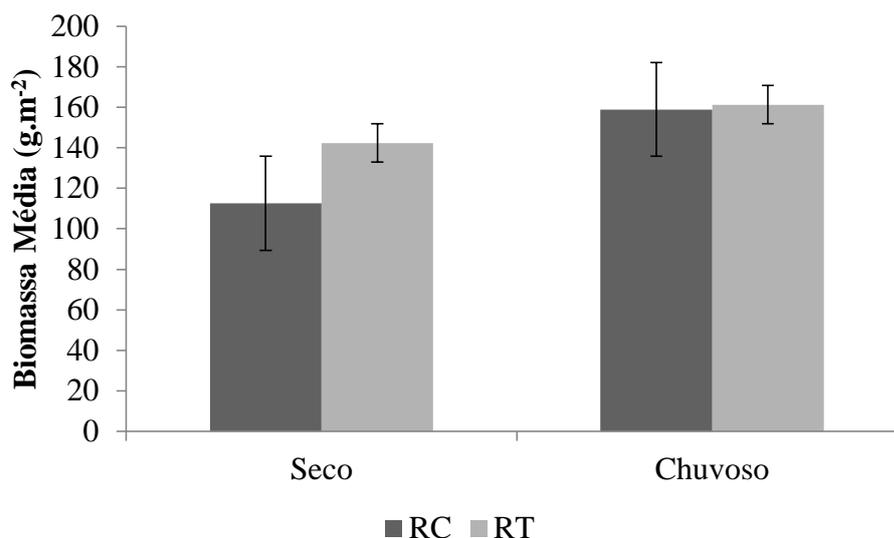


Figura 12: Variação da biomassa média durante o período seco e chuvoso nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). Barras referem-se ao desvio padrão (\pm).

Testes de ANOVA (Tabela 3) e os *post-hoc* SNK e Tukey HSD, mostraram índices altamente significativos relação aos valores expressos para biomassa nas Zonas Leito e Raiz (SNK e Tukey HSD: $p < 0,001$). Os menores valores foram registrados em novembro/10 (Casqueira: 13,24±3,38; Tubarão: 38,12±13,55), e os maiores em Junho/11 (Casqueira: 51,69±20,70; Tubarão: 86,16±33,24) (SNK e Tukey HSD: $p < 0,001$) (Figura 13).

Zonas	Média \pm Desvio Padrão (m.g ⁻²)				ANOVA	
	Rio Casqueira		Rio Tubarão		F	p
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso		
Leito	123,96±29,29	187,37±19,39	175,97±35,43	202,66±29,06	43,86	<0,001
Raiz	19,57±7,53	24,50±7,59	13,78±4,53	12,30±4,91		

Tabela 3: Valores médios da biomassa seca registrada para as áreas estudadas e resultados obtidos pela análise de variância (ANOVA). * indica significância dos dados para as zonas (Leito e Raiz) comparadas, durante o período analisado.

No Rio Casqueira, na Zona Leito, a espécie *Caulerpa prolifera* (622,06±49,58) foi a que obteve os maiores valores de biomassa durante todos os meses, com o menor valor registrado para o mês de novembro (15,39±0,34). Para a Zona Raiz os maiores valores de biomassa total aferidos foram para as espécies *Cladophoropsis membranaceae* (69,12±5,2) e *Bostrychia montagnei* (37,28±4,2).

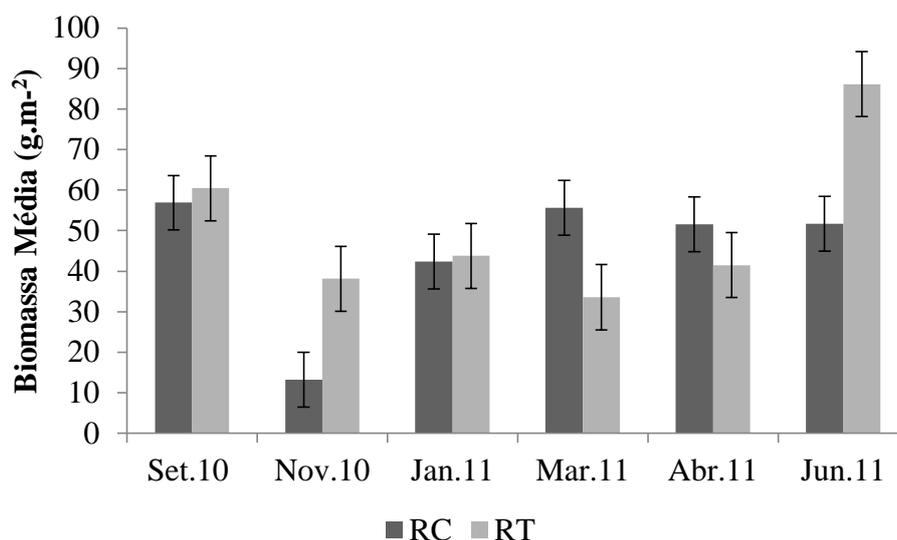


Figura 13: Variação média da Biomassa durante o período analisado nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). Barras referem ao desvio padrão (\pm).

No Rio Tubarão, na Zona Leito, a espécie *Gracilaria domigensis* ($317,70 \pm 45,78$) foi a que obteve os maiores valores de biomassa total ao longo dos meses analisados, seguida das espécies *Hypnea musciformis* ($110,81 \pm 8,50$), *Gracilaria cuneata* ($71,75 \pm 8,50$), *Caulerpa sertularioides* ($67,68 \pm 15,04$), *Acanthophora spicifera* ($40,11 \pm 0,45$) e *Halophila decipiens* ($19,42 \pm 3,30$) que estiveram presentes nas três zonas (1, 2, e 3) que compõe a Zona Leito; a espécie *Halodule wrightii* ($111,29 \pm 19,79$) esteve presente em pelo menos duas zonas do leito. Durante o mês de junho/2011 há o acréscimo de *Dictyota ciliolata* ($31,89 \pm 8,85$) e *Ulva reticulata* ($38,65 \pm 10,73$) que ocorreram ao longo das três zonas do Leito. Os táxons mencionados foram os que apresentaram os maiores valores de biomassa.

Na Zona Raiz, os maiores valores de biomassa durante o período analisado, no Rio Tubarão, foram para as espécies *Bostrychia montagnei* ($50,32 \pm 4,08$), *Cladophoropsis membranaceae* ($11,59 \pm 1,27$) e *Polysiphonia subtilissima* ($1,30 \pm 0,13$), sendo as espécies com biomassa mais expressiva durante os meses analisados. Os dados da biomassa seca estão disponíveis no APÊNDICE 2.

Os valores baixos para o mês de Novembro ocorreram com a queda da biomassa de *Caulerpa prolifera* ($15,39 \pm 0,57$) e *Cladophoropsis membranaceae* ($4,14 \pm 0,34$) para as Zonas Leito e Raiz do Rio Casqueira, respectivamente. No Rio Tubarão, esta redução ocorreu por causa de *Gracilaria domigensis* ($19,49 \pm 1,20$) para a Zona Leito, e *Bostrychia montagnei* ($5,48 \pm 0,25$) para a Zona Raiz.

No manguezal do Rio Casqueira a espécie mais conspícua foi *C. prolifera* na Zona Leito, enquanto para a Zona Raiz as espécies mais representativas foram *Bostrychia montagnei* e *Cladophoropsis membranaceae*. Os altos valores de biomassa contribuíram com a dominância relativamente alta. Este fato foi notável no campo durante o período estudado, com maior representatividade da ordem Bryopsidales. No manguezal do Rio Tubarão houve uma grande representatividade de espécies com grande frequência de biomassa para a Zona Leito, apesar de *Gracilaria domingensis* obter o maior valor de biomassa. Para *Gracilaria cuneata*, *Acanthophora spicifera*, *Halodule wrightii*, *Hypnea musciformis* e *Halophila decipiens*, a alta frequência com que apareceram ao longo do período de estudo mostra suas expressividades nesta área, sendo estas espécies as descritoras da comunidade, com maior representatividade para ordem Gracilariales. Na Zona Raiz as espécies *Bostrychia montagnei*, *Cladophoropsis membranaceae* representaram as espécies mais dominantes.

1.3.3 Frequência das Espécies

No APÊNDICE 3 apresenta uma tabela com toda a frequência de ocorrência das espécies. Durante o período de estudo, os dois rios estudados apresentaram composição diferente quanto às espécies mais frequentes.

Na Zona Leito do Rio Casqueira as espécies mais frequentes ($\geq 75\%$) foram: *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa sertularioides*, *Gracilaria caudata*, *Gracilaria domingensis*, *Halodule wrightii* e *Halophila decipiens*. Dentre as espécies frequentes (50-75%) destaca-se: *Acanthophora spicifera*, *Acetabularia crenulata*, *Caulerpa cupressoides*, *Caulerpa mexicana*, *Caulerpa verticillata*, *Chaetomorpha aerea*, *Hypnea musciformis*, *Solieria filiformis*, *Chondria sedifolia*, *Dictyota ciliolata* e *Ulva lactuca*. As outras espécies estiveram abaixo de 35% e foram consideradas espécies pouco frequentes ou esporádicas. Na Zona Raiz, as espécies *Boodleopsis pusilla*, *Bostrychia montagnei*, *Bostrychia radicans*, *Caloglossa lepreurii*, *Cladophoropsis membranaceae* e *Rhizoclonium riparium* foram muito frequentes, enquanto *Bostrychia calliptera*, *Bostrychia tenella* e *Polysiphonia subtilissima* foram espécies frequentes. As outras espécies estiveram abaixo de 35% de ocorrência.

O Rio Tubarão exibiu uma maior heterogeneidade quanto à composição de espécies, com a maioria sendo muito frequentes ($\geq 75\%$), tais como: *Acanthophora spicifera*, *Caulerpa cupressoides*, *Caulerpa mexicana*, *Caulerpa sertularioides*, *Chaetomorpha aerea*, *Dictyota ciliolata*, *Dictyota cervicornis*, *Dictyota mertensii*,

Gracilaria caudata, *Gracilaria cuneata*, *Gracilaria domingensis*, *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens*, *Hypnea musciformis*, *Solieria filiformis*, *Ulva flexuosa* e *Ulva lactuca*. Já as espécies freqüentes (50 – 75%), foram: *Caulerpa prolifera*, *Cladophora vagabunda*, *Chondria* sp., *Cryptonemia crenulata*, *Gracilaria birdiae*, *Gracilaria cearensis*, *Gracilaria cervicornis*, *Gracilaria mammillaris*, *Gracilaria* sp. e *Ulva fasciata*. As outras espécies tiveram valores menores que 35%. Na Zona Raiz, as espécies *Bostrychia montagnei*, *Caloglossa lepreurii*, *Cladophoropsis membranaceae* e *Polysiphonia subtilissima*, foram consideradas muito freqüentes. *Boodleopsis pusilla*, *Bostrychia radicans*, *Bostrychia* sp. e *Rhizoclonium riparium*, foram espécies freqüentes.

1.3.4 Distribuição das Espécies e Descrição da Estrutura das Comunidades Fitobentônicas

A similaridade entre os rios foi de 19,64% para o Rio Casqueira e 19,44% para o Rio Tubarão. A dissimilaridade entre as duas áreas foi de 92,99%. A espécie que apresentou maior percentagem de cobertura para a Casqueira foi *Caulerpa prolifera* (73,21%). Para o Tubarão quatro espécies se destacaram: *Gracilaria domingensis* (25,05%), *Hypnea musciformis* (13,20%), *Bostrychia montagnei* (8,25%) e *Halodule wrightii* (7,26%).

Em relação às zonas, as Zonas Leitos apresentaram similaridade de 18,42% e as espécies com maior percentagem de cobertura foram *Caulerpa prolifera* (34,69%), *Caulerpa sertularioides* (10,71%), *Gracilaria domingensis* (10,63%) e *Hypnea musciformis* (10,62%). As Zonas Raiz apresentaram 46,62% de similaridade, com *Bostrychia montagnei* (52,47%), *Cladophoropsis membranaceae* (29,81%) e *Caloglossa lepreurii* (8,63%) com maior cobertura. A dissimilaridade entre as zonas Leito x Raiz foi de 99,79%.

A análise temporal não apresentou variação de dominância na cobertura em todos os meses estudados, com *Caulerpa prolifera* (81,20%) persistente durante todo o período para o Rio Casqueira. No Tubarão, *Gracilaria domingensis* (28,77%) e *Hypnea musciformis* (13,07%) contribuíram com maior valor de cobertura ao longo do período analisado.

Em relação à sazonalidade, o período seco apresentou similaridade de 12,27% e o chuvoso de 13,79%. No período seco, as maiores percentagens de cobertura foram exibidas por *Caulerpa prolifera* (21,58%), *Hypnea musciformis* (13,32%) e *Bostrychia*

montagnei (10,45%). No período chuvoso, as maiores contribuições de cobertura foram *Caulerpa prolifera* (35,72%), *Gracilaria domingensis* (9,93%) e *Bostrychia montagnei* (9,18%). A dissimilaridade entre seco x chuvoso foi de 86,84%.

Com base na similaridade de Bray-Curtis, a ANOSIM (Tabela 4) e a nMDS (Figura 14 A-D), mostraram diferenças significativas ($p < 0,001$) entre as zonas Leitos dos dois rios, com dois grupos (L1+L2), e para a Zona Raiz, com um único grupo (R). As raízes foram relacionadas ao tipo de substrato que caracterizou como determinante para espécies do grupo “Bostrychietum” dos dois rios. As zonas Leito dos rios não mostraram diferenças significativas quanto ao tipo de substrato ($p > 0,01$), mas apresentaram diferenças quanto à dominância quando relacionou Leito-Casqueira (L1) X Leito-Tubarão (L2), $p < 0,001$. Não houve diferenças significativas quanto à variação temporal e sazonal no padrão de composição das populações macroalgais ($p > 0,14$).

Comparando-se os dois rios, percebe-se uma homogeneidade das espécies ao longo dos meses. No Rio Casqueira, prevaleceu a espécie *C. prolifera* que foi muito conspícua durante o período avaliado. No Rio Tubarão prevaleceram *G. domingensis* e *H. musciformis*, porém estas espécies foram menos eminentes. Nas raízes, observa-se um padrão similar nos dois rios, com *B. montagnei* e *C. membranaceae* dominantes durante os seis meses estudados. O fator interessante observado é a coexistência de macroalgas do grupo “Bostrychietum” com macroalgas advindas do oceano colonizando áreas similares, fato este não observado em manguezais inseridos em estuários positivos.

	R Local	ANOSIM	R e p Global
Zonas			
L1 x R	1 *	$p < 0,001$ *	
L1 x L2	0,78 *	$p > 0,001$ *	0,92; $p < 0,001$ *
L2 x R	1 *	$p < 0,001$ *	
Substrato			
Lamoso x Arenoso	0,17 ns	$p > 0,02$ ns	
Lamoso x Lamoso-Arenoso	0,045 ns	$p = 0,16$ ns	
Lamoso x Raiz	0,96 *	$p < 0,001$ *	0,62; $p < 0,001$ *
Arenoso x Lamoso-Arenoso	0,023 ns	$p = 0,24$ ns	
Arenoso x Raiz	1 *	$p < 0,001$ *	
Lamoso-Arenoso x Raiz	0,99 *	$p < 0,001$ *	

Tabela 4: Fatores (Zonas e Substrato) que apresentaram influência direta na composição de macroalgas dos rios Casqueira e Tubarão. As zonas Leito apresentando diferenças significativas nas áreas e o substrato Raiz como determinante na composição do grupo Bostrychietum. * dados altamente significativos, ns – dados não significativos.

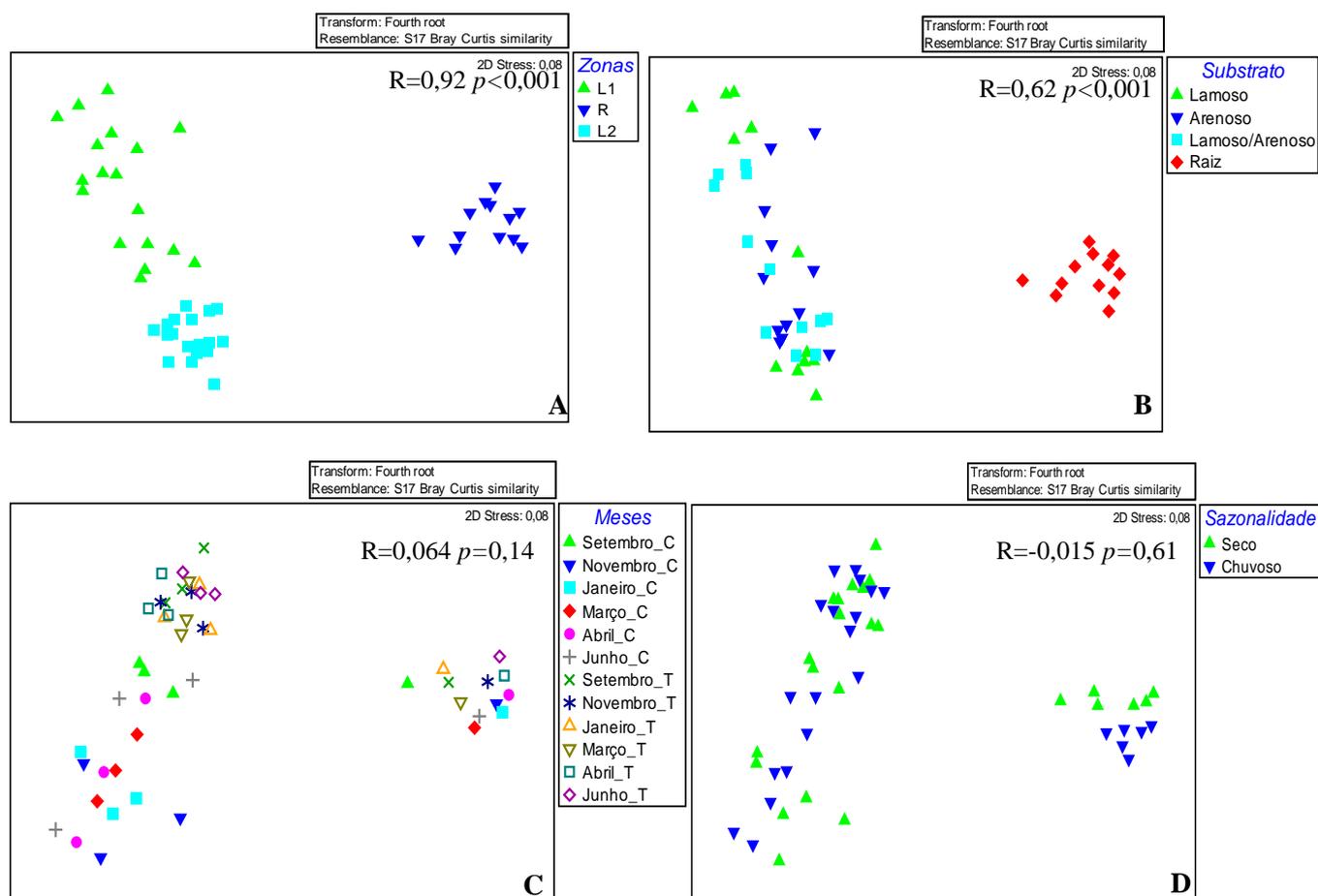


Figura 14 A-D: Ordenação resultante da análise de escalonamento multidimensional não-métrica (nMDS) sobre a variação da composição entre as áreas x zonas x substrato x meses x sazonalidade. **A)** Ordenação entre as zonas com alta significância, **L1** corresponde a Zona Leito do Rio Casqueira, **L2** a Zona Leito do Rio Tubarão e **R** as zonas Raiz dos dois rios; **B)** Ordenação entre os tipos de substratos, havendo diferença entre as macroalgas das raízes, LamosoxArenosoxLamoso-Arenoso são similares; **C)** Ordenação entre os meses (Setembro/10 a Junho/11), não significantes. Os meses com **C** (Rio Casqueira) e com **T** (Rio Tubarão); **D)** Ordenação da sazonalidade.

1.3.5 Dados Abióticos

a) Salinidade

A ANOVA mostrou alta significância nos dados, onde os dois rios mostraram padrões salinos (SNK e Tukey HSD: $p < 0,001$) diferentes através de um gradiente entre as estações (A1, A2 e A3) e os meses analisados, período avaliado (SNK e Tukey HSD: $p < 0,001$).

A figura 15 mostra a distribuição da salinidade nos seis meses para as duas áreas. Observa-se que a salinidade atingiu um pico no mês de novembro (Casqueira: $46,7 \pm 1,3$; Tubarão: $42,7 \pm 1,1$) voltando a cair no mês de janeiro, atingindo os picos mais baixos em março (Tubarão: $35,3 \pm 0,77$) e abril (Casqueira: $32,5 \pm 1,33$). Nota-se que no

manguezal do Rio Casqueira houve uma maior variação da salinidade ($41,2 \pm 4,3$) sendo mais salino do que o Rio Tubarão ($40,2 \pm 2$), meses estes correspondentes ao período chuvoso.

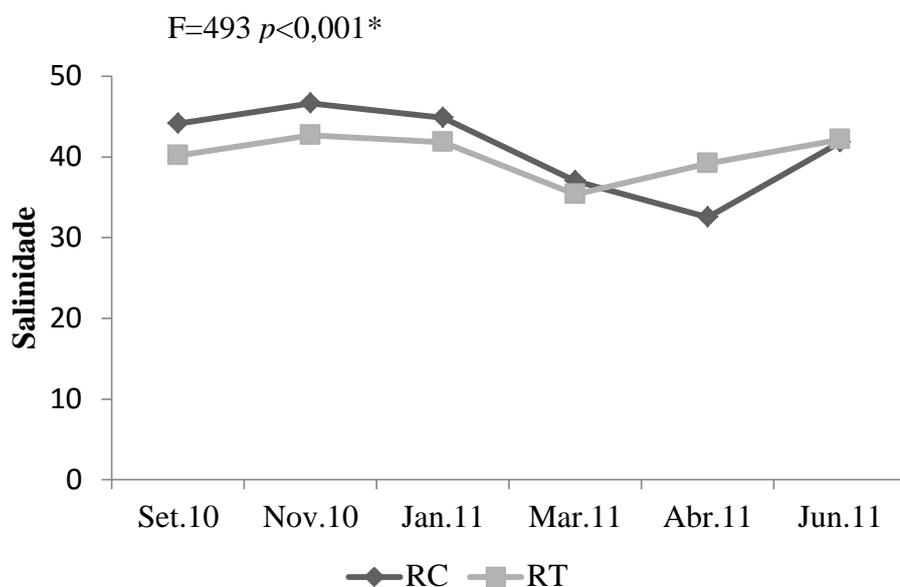


Figura 15: Variação da salinidade média nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T), ao longo dos meses estudados. Barras de erros com desvio padrão. * dados altamente significativos para as áreas e os meses.

Nas Estações A1, A2 e A3 das Zonas Leito não foi observada variações significativas quanto à formação de um gradiente salino ($F=4,2$; $p>0,01$) (Figura 16). Não foi notado evidências de estratificação da salinidade de superfície e fundo.

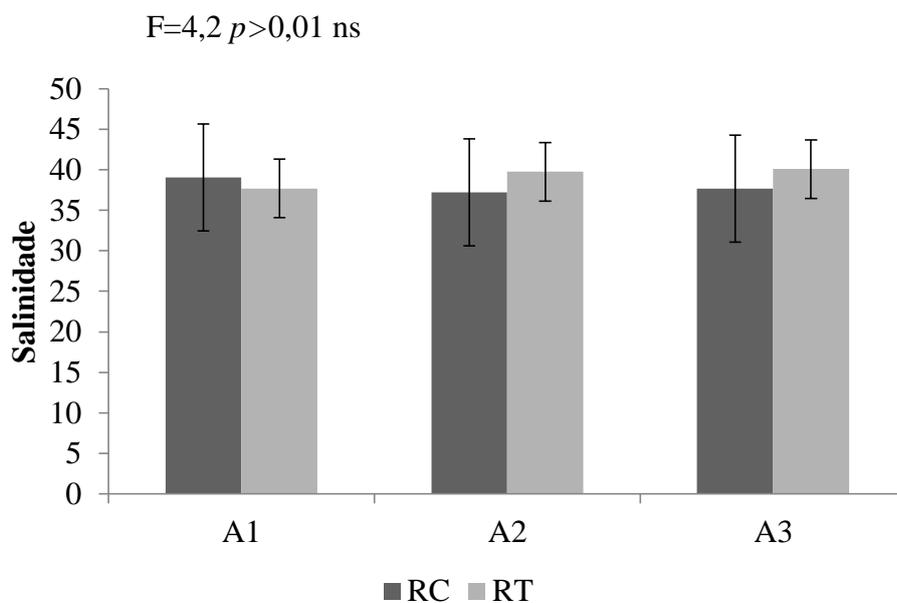


Figura 16: Gradiente de salinidade ao longo das estações estudadas nas Zonas Leito, para os rios Casqueira (C) e Tubarão (T). ns- dados não significativos entre as estações.

b) Temperatura

Dados de temperatura variaram de 25 a 36°C durante os meses ($F=34,0$; $p<0,001$), mas os testes *post-hoc* mostraram diferenças para o mês de setembro (Tukey HSD e SNK: $p<0,001$) (Figura 17). Durante os outros meses não houve diferenças significativas (SNK e Tukey HSD: $p>0,02$), portanto não houve grande variação durante o período analisado. A ANOVA mostrou diferenças principalmente entre as zonas ($F=84$; $p<0,001$). Os testes Tukey HSD e SNK mostraram diferenças para as Estações A1 ($25,04\pm 4,01$) e Raiz ($28,75\pm 0,87$) dos dois rios ($p<0,001$). As Estações A2 e A3, com média de $25,97\pm 1,57$, não obtiveram significância nos dados (Tukey HSD e SNK: $p=0,97$) (Figura 18).

Quando se comparou Leito x Raiz, dados de temperatura mostraram diferenças significativas ($F=215$; $p<0,001$) (Tukey HSD e SNK: $p<0,001$). Os maiores valores de temperatura foram registrados para as Zonas Raiz ($29,45\pm 0,81$), enquanto nos Leitos observou-se médias de $25,94\pm 2,34$ (Figura 19). Não houve diferenças de estratificação entre superfície e fundo nos dois rios.

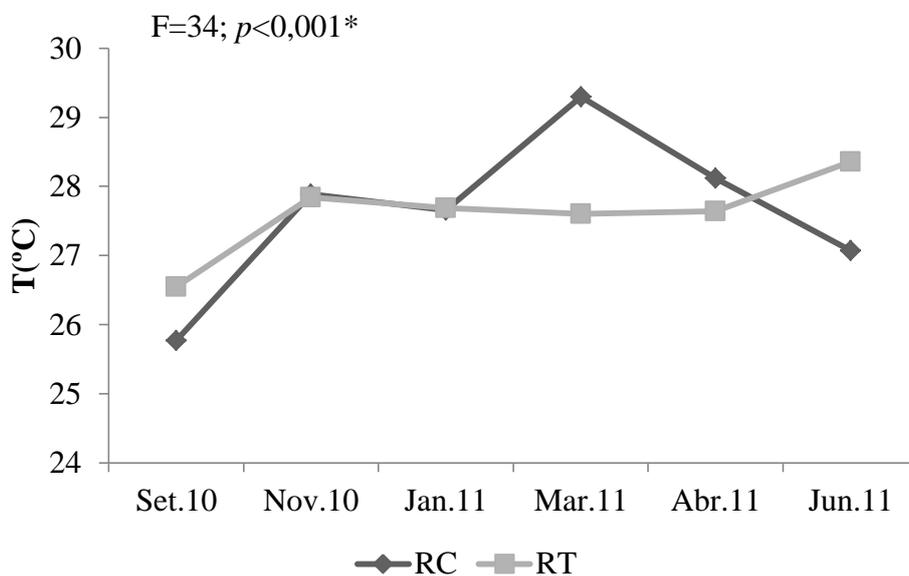


Figura 17: Variação da temperatura média mensal nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). *dados significativos para as zonas.

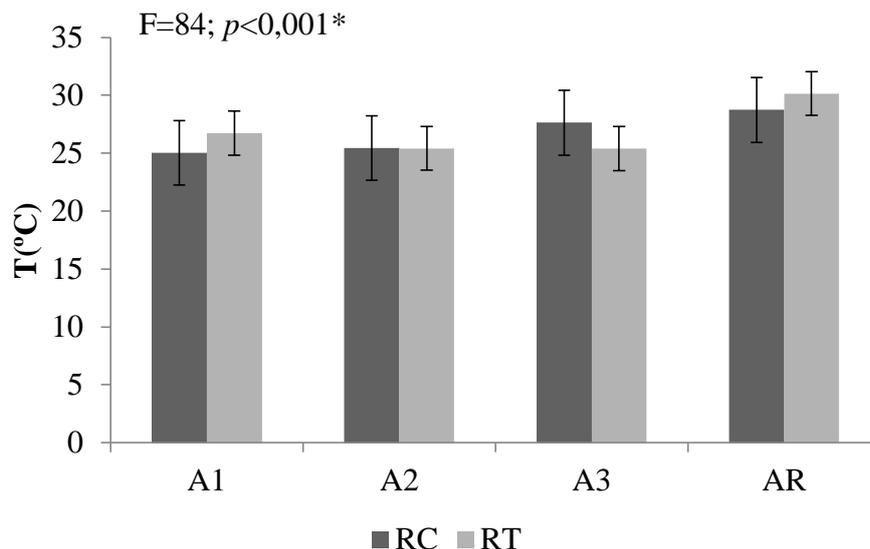


Figura 18: Variação da temperatura média entre as estações nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). * dados significativos.

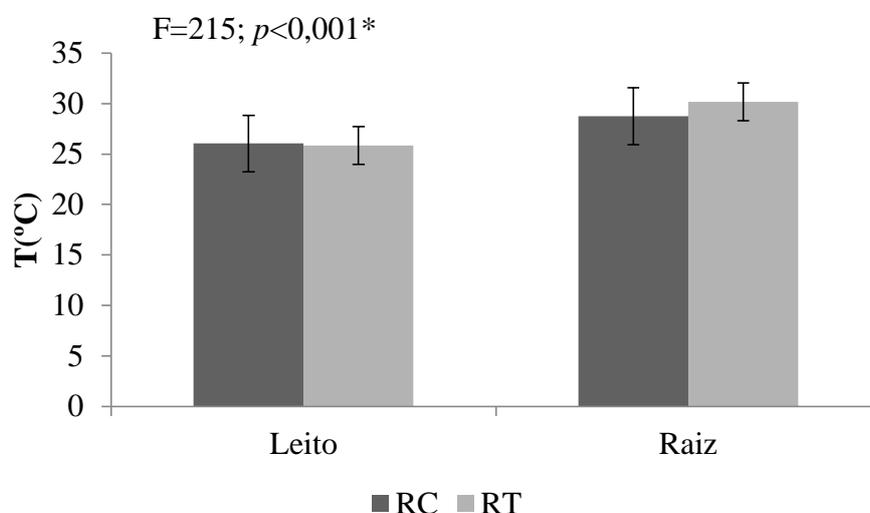


Figura 19: Variação da temperatura média entre as Zonas nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). * dados significativos.

c) Profundidade e Transparência

Transparência e profundidade mostraram-se bem relacionadas ($R^2=0,45$ $p<0,001$). Os testes aplicados apontaram diferenças significativas entre as áreas x meses x sazonalidade ($F=69,40$; $p<0,001$), com Tukey HSD e SNK apontando diferenças entre os meses setembro/10, abril e junho/11 ($p<0,001$), enquanto que novembro/10, janeiro e março/11 não apresentaram diferenças significativas ($p>0,03$). Relacionando-se áreas e sazonalidade Tukey HSD e SNK mostraram diferenças altamente significativas ($p<0,001$). O Rio Casqueira apresentou maior profundidade ($3,60\pm 0,45$) e menor

transparência ($1,00 \pm 0,31$), enquanto o Rio Tubarão apresentou menor profundidade ($1,12 \pm 0,12$) e maior transparência ($0,81 \pm 0,11$) (Figura 20).

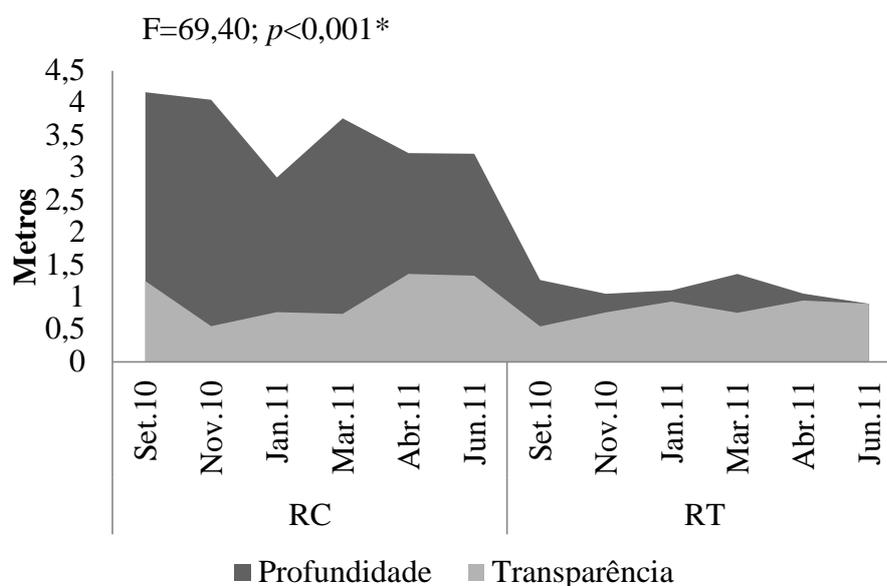


Figura 20: Profundidade da coluna d'água e transparência médias nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). * dados significativos.

d) Potencial Hidrogeniônico (pH)

As amostragens de pH apresentaram diferenças entre as estações (A1, A2 e A3) x meses x sazonalidade ($p < 0,001$). Não houve diferenças significativas entre as áreas ($F=0$; $p=0,87$).

Entre as estações ($F=13$; $p < 0,001$) os testes *post-hoc* de Tukey HSD e SNK apresentaram diferenças para a estação A1 ($p < 0,001$), com média de $8,03 \pm 0,24$, para o Rio Casqueira e $8,02 \pm 0,13$, para o Rio Tubarão, A2 e A3 não foram significativos ($p=0,76$) (Figura 21).

Durante os meses, houve diferenças significativas para todos ($F=367$; $p < 0,001$). Os testes de Tukey HSD e SNK ($p < 0,001$) apresentaram maior variação durante o mês de Novembro para os dois rios (Casqueira: $8,65 \pm 0,1$; Tubarão: $8,39 \pm 0,12$) com uma queda sucessiva durante os outros meses, sendo o mês de Junho com os menores valores de pH (Casqueira: $7,69 \pm 0,02$; Tubarão: $7,90 \pm 0,02$) (Figura 22).

Quanto à variação sazonal, houve uma forte variação entre o Seco x Chuvoso ($F=633$; $p < 0,001$). Os testes de Tukey HSD e SNK ($p < 0,001$) mostraram diferenças altamente significativas (Figura 23).

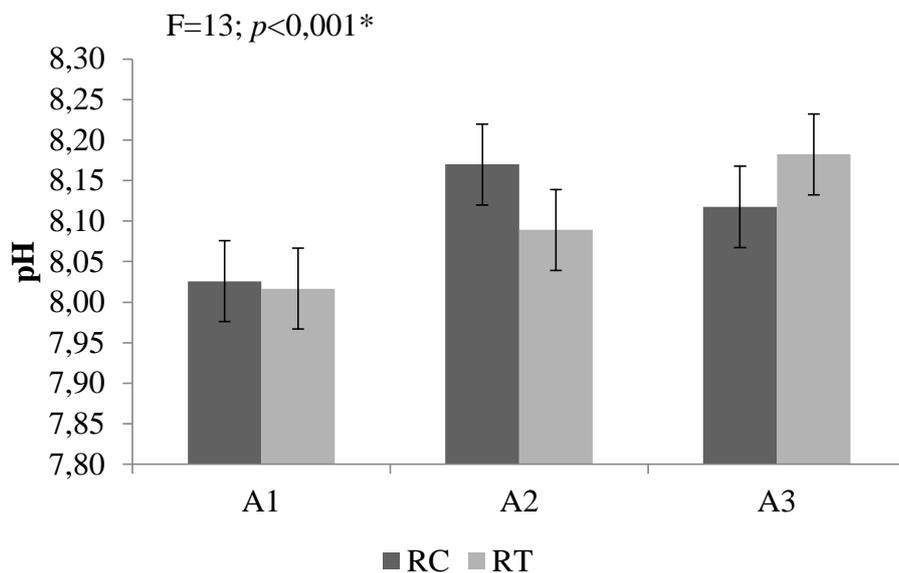


Figura 21: Variação média do pH entre as estações A1, A2 e A3, nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). * dados significativos.

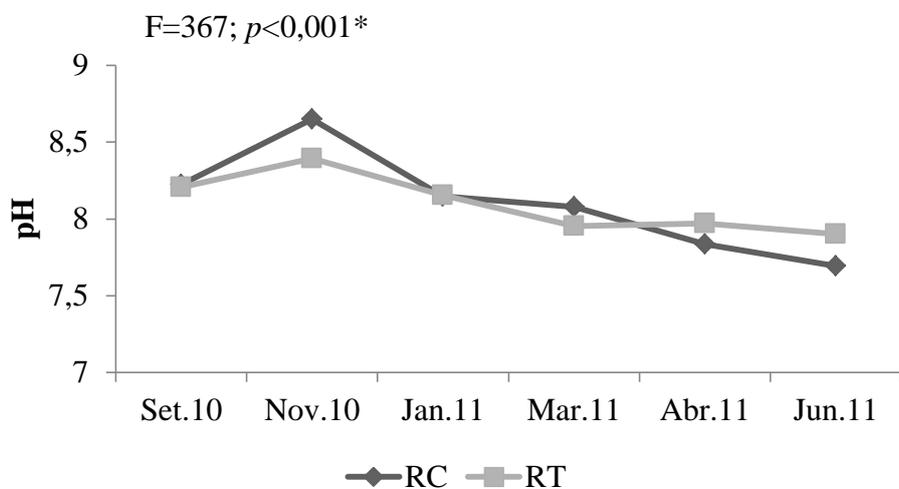


Figura 22: Variação média mensal do pH, nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). * dados significativos.

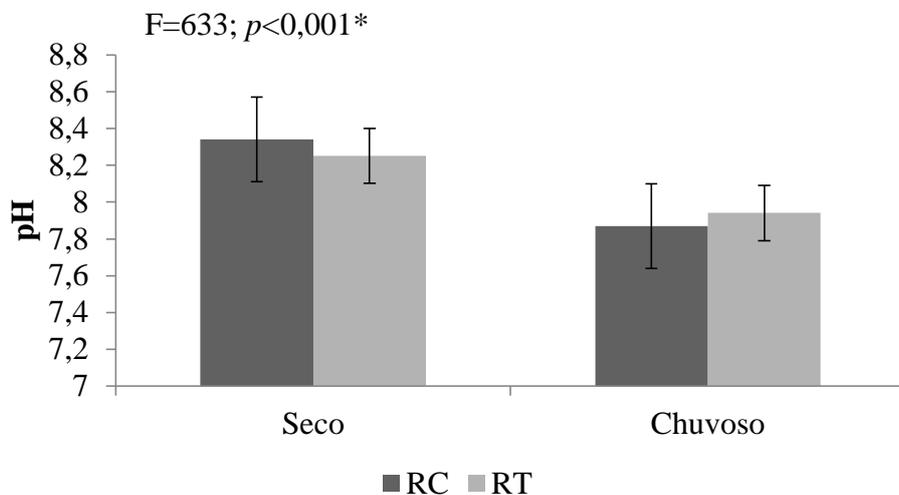


Figura 23: Variação média do pH entre o período Seco x Chuvoso, nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). * dados significantivos.

e) Precipitação

A precipitação média variou entre o período Seco x Chuvoso ($F=538,28$; $p<0,001$) (Tukey HSD e SNK: $p<0,001$). No período Seco a média de chuva foi de $65\pm 25,56$ mm, enquanto no período Chuvoso a média foi de $290\pm 48,89$ mm (Figura 24).

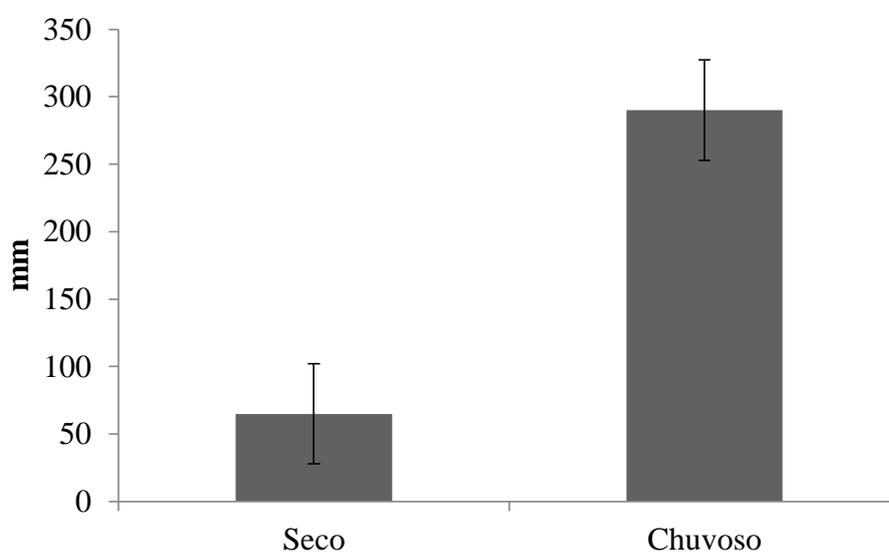


Figura 24: Variação média em milímetros entre o período Seco x Chuvoso, nos rios Casqueira (C) e Tubarão (T). Frequência de chuvas consultadas no INMET.

f) Substrato

Os substratos foram considerados como variáveis categóricas. Estas foram relacionadas com os descritores da comunidade dos dois rios. Este fator foi relacionado pela ANOVA *one-way* com os descritores sintéticos (riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância) e a biomassa para os meses analisados. Vale lembrar que cada tipo de substrato representa uma Zona amostral.

Os índices de riqueza ($F=8,11$; $p<0,001$), diversidade de Shannon-Winner ($F=27,30$; $p<0,001$), dominância de Simpson ($F=32,46$; $p<0,001$), equitabilidade de Pielou ($F=41,06$; $p<0,001$) e biomassa ($F=145,86$; $p<0,001$), apresentaram dados significativos quando relacionados ao tipo de substrato. Os testes de Tukey HSD e SNK mostraram diferenças significativas para as áreas arenosas e raízes ($p<0,001$) para todos os descritores sintéticos das comunidades. As áreas lamosas e lamosas-arenosas não foram significativas, com $p>0,02$ (Figura 25).

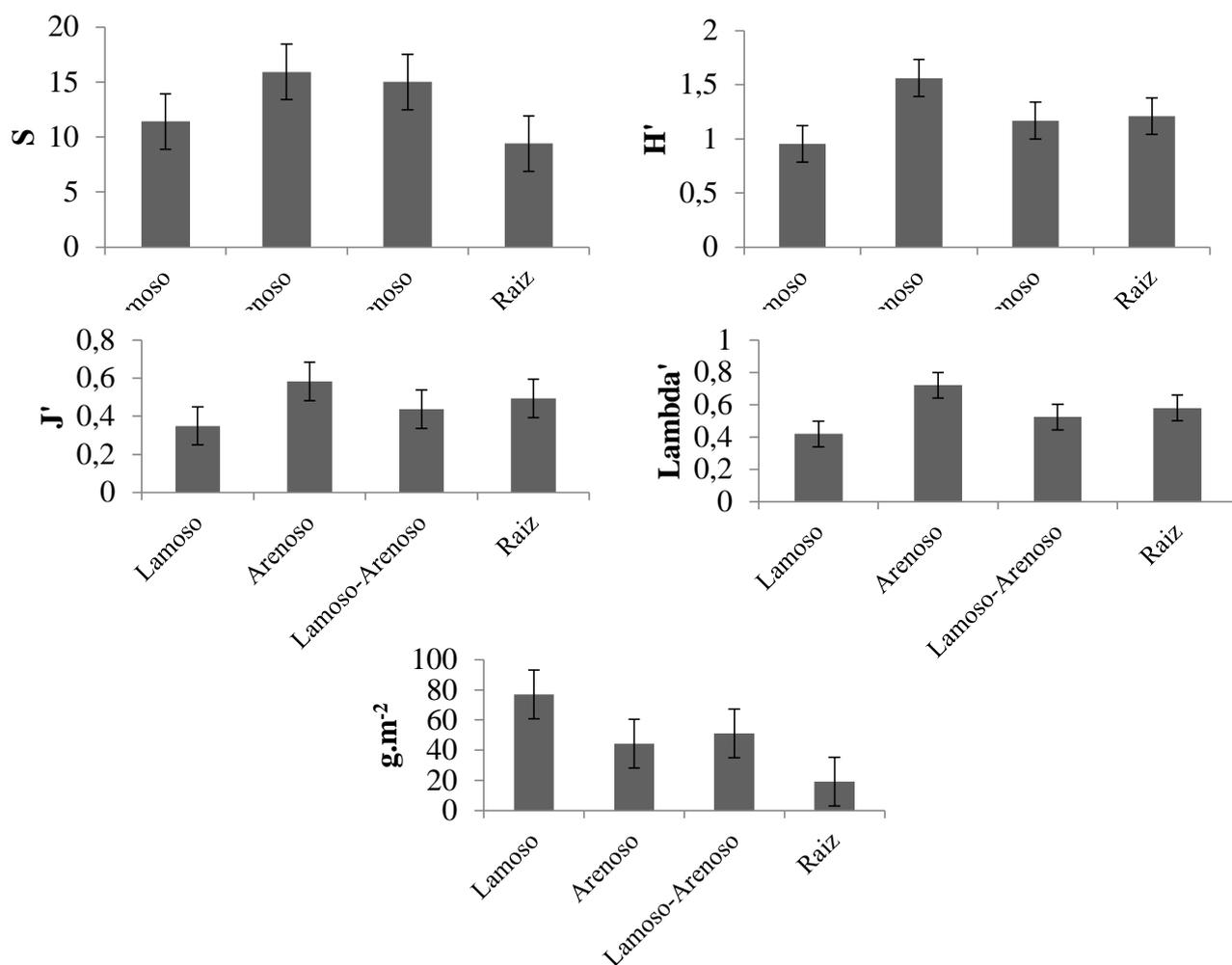


Figura 25: Variação dos descritores sintéticos (S-riqueza, H²-diversidade, J'-equitabilidade, Lambda'-dominância e g.m⁻²-biomassa) entre os tipos de substratos, com maiores diferenças entre Arenoso e Raiz. Todos os dados foram significativos.

Os testes realizados para os descritores sintéticos e biomassa, mostraram que os maiores índices e variabilidade ocorreram para os substratos mais duros (Arenosos e Raízes) dos dois rios. Assim, podemos inferir que os processos de colonização nas zonas leitos ocorrem nos ambientes arenosos migrando para as outras estações com substrato menos consolidado (Lamosos e Lamosos-Arenosos). Nas zonas raízes a maior variabilidade ocorreu devido à dominância ser de populações macroalgais do grupo “Bostrychietum”, cujos índices são normalmente baixos para manguezais já conhecidos. Isto reflete a preferência das espécies desse grupo para esse tipo de substrato.

1.3.6 Correlação dos Padrões da Comunidade e das Populações Macroalgais com as Variáveis Ambientais

Com a descrição da significância dos dados, foi possível estabelecer uma correlação dos descritores sintéticos (riqueza, diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e dominância de Simpson), biomassa e das populações mais freqüentes, com as variáveis ambientais estabelecidas no período analisado.

Dados da Análise de Regressão Múltipla apresentaram diferenças significativas para os dois ambientes entre as Zonas (Leito e Raiz). Os diferentes fatores medidos influenciaram muito pouco na variância dos descritores sintéticos, da biomassa e das populações macroalgais, tais como salinidade, transparência e profundidade, pH e precipitação, os quais apresentaram uma influência fraca durante o período analisado.

Nas Zonas Leito os padrões de riqueza, diversidade, equitabilidade, dominância e biomassa não tiveram uma relação com os fatores bióticos medidos que determinasse a dinâmica temporal das comunidades. Apenas transparência e profundidade foram os fatores que distinguiram as comunidades dos rios Casqueira e Tubarão com relação muito fraca. Dado esse fato, podemos considerar que a variação dos fatores abióticos medidos atuam como preditores secundários, que possivelmente interfere nos padrões das comunidades.

A precipitação influenciou negativamente a salinidade dos rios ($R=-0,67$; $p<0,001$), em que períodos com maior precipitação há uma queda da salinidade. No entanto, tais fatores não atuaram como determinantes da diversidade das áreas estudadas. Os descritores sintéticos e biomassa tiveram uma relação positiva com a transparência e influência negativa com a profundidade nos índices das Zonas Leito.

Nas Zonas Raiz, a temperatura atuou negativamente nos índices de diversidade, porém fraca (Tabela 5).

Dentre as populações de macroalgas, consideraram-se as espécies muito freqüentes dos dois rios, para que fossem relacionados por meio da análise de regressão múltipla. Assim, foram consideradas as espécies *Caulerpa prolifera* e *Caulerpa sertularioides*, para o Rio Casqueira; e *Gracilaria domigensis*, *Hypnea musciformis* e *Acanthophora spicifera*, para o Rio Tubarão. Nas raízes foram consideradas as espécies *Bostrychia montagnei* e *Cladophoropsis membranaceae*.

Áreas	Regressão		Preditores (Contribuição Total do R ²)					
	F	R ²	Sal.	pH	T (°C)	Trans.	Prof.	Preci.
Casqueira x Tubarão								
Leito								
Riqueza *	37,01	0,28	-0,14	0,20	-0,25	0,33	-0,58	0,08
Diversidade *	60,37	0,24	-0,30		-0,10	0,13	-0,54	
Equitabilidade *	37,89	0,12		-0,05			-0,35	
Dominância *	48,56	0,20			-0,07	0,10	-0,50	
Biomassa (g.m ⁻²) *	47,98	0,30	-0,19	-0,17	-0,09	0,31	-0,33	
Raiz								
Riqueza *	53,66	0,36			-0,18			-0,10
Diversidade *	24,41	0,20			-0,10			
Equitabilidade *	11,49	0,14			-0,12			
Dominância NS	2,51	0,02						
Biomassa (g.m ⁻²) *	26,21	0,29			-0,20			

Tabela 5: Resultados da Análise de Regressão Múltipla para os descritores sintéticos da comunidade (riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância) e biomassa associados com os preditores ambientais durante a amostragem dos meses estudados para as duas áreas estuarinas (Rios Casqueira e Tubarão) e para as Zonas Leito e Raiz. Salinidade (Sal.), pH, temperature (T(°C)), transparência (Trans.), profundidade (Prof.) e precipitação (Preci.); $p < 0,001$ *; NS: não-significante

Na análise de regressão múltipla nenhuma das espécies se correlacionou bem com os padrões abióticos medidos. Todas apresentaram uma relação máxima de $R = \pm 0,20$. Nas raízes o maior R foi para *B. montagnei* (0,36) (Tabela 6).

Espécies	Regressão		Preditores (Contribuição Total do R ²)					
	F	R ²	Sal.	pH	T (°C)	Trans.	Prof.	Preci.
Casqueira x Tubarão								
Leito								
<i>C. prolifera</i> *	22,68	0,10			-0,06	0,06	0,23	0,15
<i>C. sertularioides</i> *	12,32	0,08	-0,21	0,17	0,10	0,07	-0,11	0,34
<i>G. domigensis</i> *	11,71	0,06	-0,19	0,18	-0,14		-0,20	-0,20
<i>H. musciformis</i> *	14,62	0,10	-0,17	0,24	0,07	0,17	-0,24	-0,30
<i>A. spicifera</i> *	3,58	0,017	0,06	0,08	0,07	0,15	-0,16	
Raiz								
<i>B. montagnei</i> *	103,3	0,36			0,04			-0,10
<i>C. membranaceae</i> *	47,52	0,20			-0,18			

Tabela 6: Resultados da Análise de Regressão Múltipla para as espécies mais frequentes com os preditores ambientais durante a amostragem dos meses estudados para as duas áreas estuarinas (Rios Casqueira e Tubarão) e para as Zonas Leito e Raiz. Salinidade (Sal.), pH, temperature (T(°C)), transparência (Trans.), profundidade (Prof.) e precipitação (Preci.); $p < 0,001$ *.

1.4 DISCUSSÃO

Os manguezais dos Rios Casqueira e Tubarão foram caracterizados, predominantemente, como hipersalinos, com relevante aumento da salinidade quando comparada ao mar. As duas áreas estudadas, apesar de serem hipersalinas, não foram similares, sendo o Rio Casqueira mais salino que o Rio Tubarão, divergindo também, quanto ao pH, transparência e profundidade. Esta variação foi determinante na composição específica de macroalgas de cada rio, em que a frequência de ocorrência das espécies e os índices de diversidade e de dominância obtidos foram totalmente distintos.

Em relação às estações A1, A2 e A3, em nenhum dos rios foi verificado um padrão de constituição típico de dominância que caracterizasse um aspecto de zonação, porém as diferenças obtidas foram verificadas em relação às estações A2 e AR ($F=39,78$; $p<0,001$), configurando que os tipos de substratos mais duros (arenoso e raiz) são determinantes para a colonização de espécies macroalgais nos dois manguezais. As zonas Leito e Raiz das duas áreas apresentaram composições diferentes, com as macroalgas das Zonas Raiz dominadas pelo grupo “Bostrychietum”, representando um padrão claro de coexistência dos nichos nos ambientes estudados.

Na Zona Leito do Rio Casqueira, verificou-se um domínio de populações do gênero *Caulerpa*, sendo a espécie *C. prolifera* mais abundante. Fatos como esses vem corroborar com estudos desenvolvidos sobre a resistência de algas verdes à salinidade que demonstram não sofrer influência na variação deste fator, a exemplo de Costa (2010), ao determinar que a espécie *Caulerpa cupressoides* var. *flabellata* tem a capacidade de criar diferenças na estrutura de polissacarídeos sulfatados; Farias (2005) e Farias et al. (2008), referem-se à resistência da *C. prolifera* e *Codium isthmocladum*; e Choi et al. (2009) relacionaram o mesmo fato para *Ulva pertusa* da Costa Sul Koreana. No entanto, Cocentino et al. (2010) investigando padrões de distribuição e diversidade de macroalgas verdes do infralitoral do Rio Grande do Norte, encontraram a espécie *Caulerpa prolifera* muito abundante em ambientes profundos (<60m) e com pouca luz. Tal fato pode ser associado ao Rio Casqueira que apresentou maior profundidade e menor transparência, uma vez que houve uma maior incidência desta espécie.

No que se refere à Zona Leito do Rio Tubarão, percebeu que o ambiente foi caracterizado com maior heterogeneidade do que o do Rio Casqueira, não havendo nem dominância nem frequência muito forte da composição de macroalgas. As espécies mais

dominantes registradas foram *Gracilaria domingensis* e *Hypnea musciformis*. Os altos valores dos índices de diversidade gerados podem ser explicados pela frequência constante de *H. wrightii* cuja biomassa foi superior a 60g.m^{-2} , valor aceitável para o Nordeste (MAGALHÃES et al. 1997). Além disso, a presença dessa espécie promove a associação de diversos organismos, como as algas que ficam presas entre as plantas e continuam a crescer (MARQUES & CREED 2008). Acrescente-se ainda, que a distribuição espacial e da biomassa de um banco de *Gracilaria* spp. co-ocorrem com populações de *Halodule wrightii* e com a redução do banco da fanerógama marinha o banco de *Gracilaria* spp., de modo a aumentar e atrair outras espécies de macroalgas (SILVA et al. 1987). Todos esses fatores podem explicar a alta frequência e biomassa elevada de *H. wrightii*, onde a associação à baixa profundidade e à alta transparência contribuiu com os altos índices de diversidade encontrados para a Zona Leito do Rio Tubarão.

Nas Zonas Raiz dos dois manguezais percebe-se um padrão similar de dominância para espécies do grupo “Bostrychietum”. O principal fator que afetou a constituição das espécies, biomassa e índices de diversidade foi o tipo de substrato e temperatura, que não foi favorável a fixação das espécies que compõem as Zonas Leito dos rios. As espécies *Bostrychia montagnei* e *Cladophoropsis membranaceae* possuíram os maiores valores de biomassa e frequência. Padrões de sazonalidade, frequência de inundação, salinidade e temperatura são determinantes que influenciam na variação da composição das espécies do “Bostrychietum” (YOKOYA et al. 1999; CUTRIM et al., 2004; FERNANDES et al. 2005; FONTES et al. 2007). Alta frequência de iluminância é registrada para a espécie *Catenella caespitosa* (YOKOYA et al. 1999). Tal fator pode ser considerado para os dois manguezais estudados, uma vez que o potencial de evapotranspiração supera a precipitação. Espécies de *Bostrychia* spp. são mais tolerantes a dessecação e as variações de salinidade, no entanto, para o presente estudo, *Bostrychia montagnei* e *Cladophoropsis membranaceae* foram mais conspícuas. Porém, estas espécies, juntamente com *Caloglossa lepreurii* e *Polysiphonia subtilissima* são comumente mencionadas em áreas com maior influência salina (CUNHA & COSTA 2002), o que é característico das duas áreas estudadas.

As Zonas Leito e Raiz dos dois rios não apresentaram uma relação muito forte entre os fatores abióticos medidos. O efetivo das espécies que compunham a Zona Leito do Rio Casqueira, onde *C. prolifera* foi dominante, eram muito distantes, fazendo com que a dominância fosse maior e a diversidade menor que na Zona Leito do Rio Tubarão,

caracterizando um ambiente fortemente perturbado. No Rio Tubarão, os efetivos das espécies foram mais próximos, configurando um cenário de baixa dominância, porém de maior diversidade. Outro fator é que os índices de riqueza específica e de diversidade de Shannon-Wiener foram sempre maiores no Rio Tubarão do que no Rio Casqueira.

Flutuações são observadas nos índices gerados pelos descritores sintéticos, onde se observou uma redução de setembro/10 a novembro/10 com uma notável recuperação para o mês de janeiro/11 e março/11, havendo uma queda em abril/11, e forte recuperação em junho/11. Dentre os fatores abióticos, diferença da profundidade entre os dois rios foram melhores correlacionadas com riqueza (-0,58), diversidade (-0,54) e dominância de Simpson (-0,50), com o Rio Casqueira respondendo mais intensamente que o Tubarão. Uma variação temporal dos descritores sintéticos avaliados é observada, não havendo uma variação sazonal nos ambientes.

Dentre as populações mais frequentes observadas, não foi evidenciado uma variação temporal e nem sazonal para os manguezais hipersalinos estudados. Este padrão corrobora com o estudo proferido por Miranda & Pereira (1989), em que os autores não identificaram para o Rio Ceará (CE) variações sazonais significativas com a distribuição das macroalgas. No entanto, os mesmos mencionam que padrões na distribuição estiveram ligados às variações de salinidade, fato que a variação da salinidade não foi um caráter determinante para os manguezais estudados do Rio Grande do Norte.

O Rio Tubarão mostrou variações menores nos índices de diversidade associado com os preditores ambientais, sendo mais heterogêneo, caracterizando o ambiente com distúrbios pouco frequentes. Cavalcanti (2003) associou os valores mais altos de transparência relacionados às concentrações mais elevadas de salinidade, refletindo a influência direta das marés, como é o caso do estuário do rio Mandacaru (PB). Tal fator vem a ser considerado para os dois rios do Rio Grande do Norte, no entanto levar-se-á em conta a profundidade associada, que influenciou diretamente nos índices.

O caráter temporal e, principalmente, sazonal foi visto na biomassa total estabelecida entre as zonas leito e raiz dos dois rios. Este padrão, possivelmente, vem a ser associado com a baixa precipitação, durante o período chuvoso, contribuindo com a pouca variação da salinidade e possibilitando que macroalgas de áreas recifais adjacentes, por exemplo, venham colonizar os manguezais hipersalinos. Em manguezais típicos no mundo, observa-se um caráter apenas temporal quanto à variação da biomassa de macroalgas estabelecida, não demonstrando um aspecto sazonal (e.g.

COPEJANS & GALLIN 1984 – Manguezal da Baía de Gazi/África; CUNHA et al. 1999 – Manguezal da Baía de Baitonga/Brasil; YOKOYA et al. 1999 – Manguezal da Ilha do Cardoso/Brasil; MELVILLE et al. 2005 – Manguezal do Rio Parramata/Austrália; MELVILLE & PULKOWNIK 2007 – Manguezal do Rio Clyde/Austrália).

A frequência de distúrbios nos dois rios provavelmente é natural, uma vez que as maiores concentrações de populações humanas estão concentradas as margens do estuário do Rio Tubarão (DIAS, 2006). Connel (1978) propôs a Hipótese do Distúrbio Intermediário, que prevê que uma maior diversidade de espécies é mantida sob níveis intermediários de perturbação. Perturbações com frequência e intensidade moderadas poderiam promover um aumento na heterogeneidade ambiental e permitir, por exemplo, a coexistência de espécies pioneiras e espécies tolerantes. Este aspecto é observado com as comunidades macroalgais da Zona Leito do Rio Tubarão, onde os padrões de profundidade e transparência parecem ter sido importantes para o estabelecimento das macroalgas. Estas perturbações podem ter proporcionado a fixação de algas trazidas dos recifes que continuam a se desenvolver no leito do rio. Outro fator, por exemplo, é a grande frequência e altos valores de biomassa de *Halodule wrightii*, o que pode ter contribuído com que os índices de diversidade fossem elevados ao longo do período analisado (MARQUES & CREED 2008). Contudo, faz-se necessário a realização de experimentos manipulativos que permitam estabelecer as relações de causa e efeito que mantém a diversidade de macroalgas nesse ecossistema.

Os dois rios mostraram diferenças quanto à frequência dos fatores abióticos, da composição e dominância das macroalgas encontradas. No entanto, uma característica demonstrou ser determinante: a coexistência de macroalgas do grupo “Bostrychietum”, ocorridas apenas nos pneumatóforos (Zonas Raiz), com espécies oceânicas oriundas da maré (Zonas Leito). Outro fator primordial, é que o tipo de substrato arenoso (Zonas Leito) e raiz (pneumatóforos – Zonas Raiz) foram determinantes no estabelecimento das macroalgas. Os substratos arenosos parecem ser primordiais para o início da colonização das macroalgas oriundas das marés nos dois manguezais. Enquanto as raízes foram colonizadas por espécies do grupo “Bostrychietum”, que são resistentes a dessecação e forte emersão das marés, não possibilitando a fixação, por exemplo, de espécies recifais (YOKOYA et al. 1999).

As observações efetuadas do presente estudo refutaram a hipótese de que os fatores abióticos, com base nas variáveis medidas, são determinantes na composição e

frequência de espécies macroalgais para os dois manguezais estudados, principalmente quanto à variação da salinidade. No entanto, responde ao padrão observado de que existe uma estabilidade quanto à composição e estrutura das comunidades em padrões de escala espacial (estações medidas), temporal (meses) e sazonal, não havendo, portanto, variação na frequência das populações tanto para as zonas Leito e Raiz.

A característica hipersalina dos manguezais foi determinante no recrutamento e dispersão de macroalgas recifais. Os resultados demonstram o quanto o efeito da salinidade, associada à alta evaporação local e a forte influência das marés são determinantes no recrutamento e dispersão de macroalgas recifais. O padrão de colonização observado, nos manguezais hipersalinos estudados, possibilitou aspectos de coexistência com espécies típicas do grupo “Bostrychietum”, possibilitando um padrão ecossistêmico diferente em comparação com outros manguezais do mundo.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5413 – Iluminância de interiores. Rio de Janeiro-RJ. 1992.

ALONGI, D.M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**. 29:331-349pp. 2002.

AZEVEDO, R.S. Geologia do Litoral Oriental Potiguar: Área II-Poço Branco/RN. **Relatório de Graduação**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 165pp. 1987.

BARROSO, C.X. & MATTEWS-CASCON, H. Distribuição espacial e temporal da malacofauna no estuário do rio Ceará, Ceará, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Science**. 4 (1): 79-86pp. 2009.

BEANLAND, W.R. & WOERKELING, W.J. *Avicennia* canopy effects on mangrove algal communities in spencer gulf, South Australia. **Aquatic Botany**. 17: 309-313pp. 1983.

CALLAWAY, R.M.; PENNINGS, S.C. & RICHARDS, C.L. Phenotypic plasticity and interactions among plants. **Ecology**. 84: 1115-1128pp. 2003.

CASARES, F.A. & CREED, J.C. Bancos de macrófitas marinhas: são oásis de diversidade nos desertos de substratos não consolidados? **Anais da X Reunião da Sociedade Brasileira de Ficologia – Formação de Ficólogos: um compromisso com a sustentabilidade dos recursos aquáticos**. Museu Nacional – UFRJ, 221-237pp. 2004.

CAVALCANTI, L. B. Variações das condições hidrológicas e da clorofila *a* associadas ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), na região estuarina do rio Paraíba do Norte (Paraíba – Brasil). **Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica)** – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 145pp. 2003.

CHOI, T.S.; KANG, E.J.; KIM, J-H. & KIM, K.Y. Effect of salinity on growth and nutrient uptake of *Ulva pertusa* (Chlorophyta) from an eelgrass bed. **Algae**. 25(1): 17-26pp. 2010.

CHUNG, I-C., HWANG, R.L., LIN, S-H., WU, T-Z., WU, J-Y., SU, S-W., CHEN, C-S. & LEE, T-M. Nutrients, temperature, and salinity as primary factors influencing the temporal dynamics of macroalgal abundance and assemblage structure on a reef of Du-Lang Bay in Taitung in southeastern Taiwan. **Botanical Studies**. 48: 419-433pp. 2007.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2 ed. PRIMER-E, **Plymouth**. 172pp. 2001.

CONCENTINO, A.L.M., FUJII, M.T, REIS, T.N.V., GUIMARÃES-BARROS, N.C., ROCHA, M.F. & NEUMANN-LEITÃO, S. Diversity and distribution patterns of the

infralittoral green macroalgae from Potiguar basin, Rio Grande do Norte, Northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**. 24(4): 986-996pp. 2010.

CONNELL, J.H. Diversity in tropical rain Forests and coral reefs. **Science**. 199: 1302-1310pp. 1978.

COPPJEJANS, E. & GALLIN, E. Macroalgae associated with the mangrove vegetation of Gazi Bay (Kenya). **Bulletin Society Royal Botanic Belgique**. 122: 47-60pp. 1989.

CORDEIRO-MARINO, M.; BRAGA, M.R.A.; ESTON, V.R.; FUJII, M.T. & YOKOYA, N.S. Mangrove macroalgal communities of Latin America: the state of art and perspectives. **In: Coastal Plant Communities of Latin America** (U. Seeliger, ed.) Academic Press, New York. 51-64pp. 1992.

COSTA, M.S.S.P. Efeito da salinidade da água do mar no rendimento, composição e atividades biológicas de frações polissacarídicas da Chlorophyta *Caulerpa cupressoides* var. *flabellata*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Departamento de Bioquímica. 77pp. 2010.

CUNHA, S.R.; NASCIMENTO, J.; LIMA, G.B.; ZACHARJASIEWICZ, G.; CRESTANI, D.E.V.; MAFRA JR, L.L.; PAZETO, F.D.; SANT'ANNA, F. & COSTA, C.S.B. Distribuição e biomassa de macroalgas em um manguezal da Baía da Babitonga, SC: Resultados preliminares. **Notas Técnicas Facimar**. 3: 1-15pp. 1999.

CUNHA, S.R. & COSTA, C.S.B. Gradientes de salinidade e frequência de alagamento como determinantes da distribuição e biomassa de macroalgas associadas a troncos de manguezais na Baía de Babitonga, SC. **Notas Técnicas Facimar**. 6: 96-102pp. 2002.

CUTRIM, M.V.J. Distribuição espaço-temporal de macroalgas em troncos e pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Steban em duas áreas de mangues da Ilha de São Luís-MA, Brasil. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. 158pp. 1998.

CUTRIM, M.V.J.; SILVA, E.F. & AZEVEDO, A.C.G. Distribuição vertical das macroalgas aderidas em rizóforos de *Rhizophora mangle* Linnaeus nos manguezais de Parna-Açu e Tauá-Mirim (Ilha de São Luís/ MA - Brasil). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 17: 9-18pp. 2004.

DAGET, J. Les modèles mathématiques en écologie. **Masson**, Paris. 172pp. 1976.

DAVEY, A. & WORKELING, W. J. Studies on Australian Mangrove Algae. III. Victorian Communities: Structure and Recolonization in Western Port Bay. **J. Exp. Mar. Bio. Ecol.** 85: 177-190pp. 1985.

DAWES, C.; SIAR, K. & MARLETT, D. Mangrove structure, litter and macroalgal productivity in a northern-most Forest of Florida. **Mangroves and Salt Marshes**. 3: 259-267pp. 1999.

DEBENAY, J.P; PAGÈS, J. & DIOUL, P.S. Ecological zonation of the hypersaline estuary of the Casamance River (Senegal): Foraminifera, zooplankton and abiotic variables. **Hydrobiologia**. 174: 161-176pp. 1989.

- DIAS, T.L.P. Os peixes, a pesca e os pescadores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Macau-Guamaré/RN), Brasil. **Tese de Doutorado em Zoologia**. Departamento de Sistemática e Ecologia. UFPB. 167pp. 2006.
- EL-SHAROUNY, H.M. & ISMAIL, M.S. Macroalgae associated with mangroves at Hurghada and Safaga of the Egyptian Red Sea Coast. **J. Kau. Mar. Sci.** 12: 241-251pp. 2001.
- FARIAS, E.H.C. Análise comparativa da atividade anticoagulante de frações de polissacarídeos sulfatados das algas marinhas *Caulerpa prolifera* e *Codium isthmocladum*. Graduação em Ciências Biológicas (**Monografia**). Departamento de Bioquímica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. 44pp. 2005.
- FARIAS, E.H.C.; POMIM, V.H.; VALENTE, A-P.; NADER, H.B.; ROCHA, H.A.O. & MOURÃO, P.A.S. A preponderantly 4-sulfated, 3-linked, galactan from the green alga *Codium isthmocladum*. **Glycobiology**. England. 18 (3): 250-259pp. 2008.
- FELLER, I.C.; LOVELOCK, C.E.; BERGER, U., MCKEE, K.L.; JOYE, S.B. & BALL, M.C. Biocomplexity in mangrove ecosystems. **Annu. Rev. Marine. Sci.** 2: 395-417pp. 2010.
- FERNANDES, M.E.B.; SILVA, E.F.; LIMA, J.F.; VARELA, E.S.; HERCOS, A.P.; FERNANDES, C.M.; ARRUDA, C.C.B.; GOMES, G.; SANTOS, H.; SOARES, C. & SARAIVA, R.M. Distribuição espacial das macroalgas associadas às florestas de manguezais na península de Ajaruteua, Bragança-Pará. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 18: 11-17pp. 2005.
- FIGUEIREDO, J.A.; MENOR, E.A.; NORIEGA, C.E.D. & BRANCO, E.S. Evolução físico-química de águas dos estuário do Rio Timbó, Pernambuco: um caso de reavaliação ambiental (1984 e 2003). **Estudos Geológicos**. 17(1): 85-104pp. 2007.
- FONTES, K.A.Z.; Pereira, S.M.B. & Zickel, C.S. Macroalgas do “Bostrychietum” aderidos em pneumatóforos de duas áreas de manguezal do estado de Pernambuco, Brasil. **Iheringia**. Série Botânica. 62 (1-2): 31-38pp. 2007.
- GIACOMINI, H. C. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. **Oecol. Brasil**. 11(4): 521-543pp. 2007.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2010. www.inmet.gov.br. Acesso em 07 de abril de 2011.
- LACERDA, L.D.; MAIA, L.P.; MONTEIRO, L.H.U.; SOUZA, G.M.; BEZERRA, L.J.C & MENEZES, M.O.T. Manguezais do Nordeste. **Ciência Hoje**. 39 (229): 24-29pp. 2006.
- LAMBERT, G.; STEINKE, T.D. & NAIDOO, Y. Algae associated with mangroves in southern African estuaries. I. Rhodophyceae. **S. Afr. J. Bot.** 53: 349-361pp. 1987.

- LAURSEN, W.J. & KING, R.J. The distribution and abundance of mangrove in Woolloomare Bay, New South Wales, Australia. **Botanica Marina**. 43: 377-384pp. 2000.
- LOUREIRO, R.R. & REIS, R.P. Efeito do gradiente de salinidade na taxa fotossintética de *Polysiphonia subtilissima*, *Cladophora vagabunda*, *Ulva flexuosa* subs. *flexuosa* na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**. 59(2): 291-296pp. 2008.
- LUCENA, L.A.F., DIAS, T.L.P. & HORTA, P.A. Manguezais Hipersalinos demonstram uma diferente arquitetura nos padrões de riqueza em comunidades macroalgais. Trabalho apresentado na forma de Comunicação Oral no **3º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha**. Natal, Rio Grande do Norte. Resumo: 592-1. 2011.
- MACHADO, G.E.M. & NASSAR, C.A.G. Assembléia de macroalgas de dois manguezais do núcleo de Picimguaba – Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**. 58 (4): 835-846pp. 2007.
- MAGALHÃES, K.M.; ESKINAZI-LEÇA, E. & MOURA JUNIOR, A.M. Morfometria e biomassa da fanerógama marinha *Halodule wrightii* Ascherson no litoral norte de Pernambuco. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**. 25: 83-92pp. 1997.
- MARQUES, L.V. & CREED, J.C. Biologia e ecologia de fanerógamas marinhas do Brasil. **Oecologia Brasiliense**. 12(2): 315-331pp. 2008.
- MEDEIROS, A.M.A.; BARBOSA, J.E.L.; MEDEIROS, P.R.; ROCHA, R.M. & SILVA, L.F. Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró River Estuary (Semiarid Region of Brazil). **Brazilian Journal Biology**. 70(3): 551-557pp. 2010.
- MELVILLE, F.; PULKOWNIK, A. & BURCHETT, M. Zonal and seasonal variation in the distribution and abundance of mangrove macroalgae in the Parramatta River, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 64: 267-276pp. 2005.
- MELVILLE, F. & PULKOWNIK, A. Investigation of mangrove macroalgae as bioindicators of estuarine contamination. **Marine Pollution Bulletin**. 52: 1260-1269pp. 2006.
- MELVILLE, F. & PULKOWNIK, A. Investigation of mangrove macroalgae as biomonitors of estuarine metal contamination. **Science of the Total Environment**. 387: 301-309pp. 2007.
- MIRANDA, P.T.C. & PEREIRA, S.M.B. Macroalgas bentônicas no manguezal do Rio Ceará (Ceará-Brasil). II- Distribuição em função das condições hidrológicas. **Arq. Ciên. Mar.** 28: 39-52pp. 1989.
- ÓLAFSSON, E.; CARLSTRÖM, S. & NDARO, S.G.M. Meiobenthos of hypersaline tropical mangrove sediment in relation to spring tide inundation. **Hydrobiologia**. 426: 57-64pp. 2000.

OLIVEIRA, E.C. Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds. **In: Hidrobiology of the Mangal – The Ecosystem of the mangrove Forest.** The Hague. 56-65pp. 1984.

PERFETO, P.M.N.; SCHAWRZBOLD, A. & DILLENBURG, L.R. Efeitos da salinidade, temperatura e concentração de fósforo na composição química de *Gelidium crinale* (Turner) Lamouroux. (Gelidiaceae, Rhodophyta). **Biotemas**. 18 (1): 7-26pp. 2004.

PHILIPS, A.; LAMBERT, G.; GRANGER, J.E. & STEINKE, T.D. Vertical zonation of epiphytic algae associated with *Avicennia marina* (Forssk.) Vierth. pneumathophores at beachwood mangroves nature reserve, Durban, **South Africa**. **Bot. Mar.** 39: 167-175pp. 1996.

PIELOU, E.C. Population and community ecology.-principles and methods. 1983.

POLIDORO, B.A.; CARPENTER, K.E.; COLLINS, L.; DUKE, N.C.; ELLISON, A.M.; ELLISON, J.C.; FARNSWORTH, E.J.; FERNANDO, E.S.; KATHIRESAN, K.; KOEDAM, N.E.; LIVINGSTONE, S.R.; MIYAGI, T.; MOORE, G.E.; NAM, V.N.; ONG, J.E.; PRIMAVERA, J.H.; SALMO, S.G.; SANCIANGCO, J.C.; SUKARGJO, S., WANG, Y. & YONG, J.W.H. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PlosOne**. 5 (4): 1-10pp. 2010.

QUINN, G.P. & KEOUGH, M.J. Experimental design and data analysis for biologists. **Cambridge University Press**. UK. 557pp. 2002.

RAIKAR, S.V.; IIMA, M. & FUJITA, Y. Effect of temperature, salinity, and light intensity on the growth of *Gracilaria* spp. (Gracilariales, Rhodophyta) from Japan, Malaysia and India. **Indian Journal Marine Sciences**. 30: 98-104pp. 2001.

ROSSO, S. Amostragem, repartição espacial e diversidade/dominância de comunidades de costões rochosos: uma abordagem metodológica. **Laboratório de Ecologia Marinha/USP**. 30pp. 1996.

SAVENIJE, H.H.G. & PAGÈS, J. Hypersalinity: a dramatic change in the hydrology of Sahelian estuaries. **Journal of Hydrology**. 135: 157-174pp. 1992.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M.L.G. & DE-ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and management society**. 3: 561-570pp. 2000.

SILVA, R.L.; PEREIRA, S.M.B.; OLIVEIRA FILHO, E.C. & ESTON, V.R. Structure of a bed of *Gracilaria* spp. (Rhodophyta) in northeastern Brazil. **Botanica Marina**. 30: 517-523pp. 1987.

SILVA, E.; SOARES-GOMES, A.; FERNANDES, F. & ABREU, C.M. Sandy beach macrobenthos assemblages at na hypersaline coastal lagoon, Lagoa de Araruama, RJ, Brazil. **Journal of Coastal Research**. 42: 265-270pp. 2005.

SPATHARIS, S.; ORFANIDIS, S.; PANAYOTIDIS, P. & TSIRTISIS, G. Assembly processes in upper subtidal macroalgae: The effect of wave exposure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 91, 298-305pp. 2011.

TANAKA, J. & CHIHARA, M. Taxonomic studies of Japanese mangrove macroalgae. I. Genus *Bostrychia* (Ceramiales, Rhodophyceae) (2). **Bull. Natn. Sci. Mus.** 10: 115-126pp. 1984.

THUILLER, W.; SLINGSBY, J. A.; PRIVETT, S. D. J.; COWLING, R. M. Stochastic species turnover and stable coexistence in a species-rich, fire-prone plant community. **PlosOne**. 9: 1-8pp. 2007.

TILMAN, D. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: a stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. **PNAS (Ecology)**. 101(30): 10854-10861pp. 2004.

VALLE-LEVINSON, A. (editor). Definition and classification of estuaries. **In: Contemporary issues in estuarine physics**. Cambridge University Press, New York, USA. 327pp. 2010.

WALTERS, B.B.; RÖNNBÄCK, P.; KNOVACS, J.M.; CRONA, B.; HUSSAIN, S.A.; BADOLA, R.; PRIMAVERA, J.H.; BARBIER, E. & DAHDOUH-GUEBAS, F. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. **Aquatic Botany**. 89: 220-236pp. 2008.

WEST, J.A. New records of marine algae from Peru. **Botanica Marina**. 34: 459-464pp. 1991.

WIHLM, J. Graphic and mathematical analyses of biotic communities in polluted streams. **Annual Review of Entomology**. 17: 223-252pp. 1972.

YOKOYA, N.S.; PLASTINO, E.M.; BRAGA, M.R.A.; FUJII, M.T.; CORDEIRO-MARINO, M.; ESTON, V.R. & HARARI, J. Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. 22 (2): 195-204pp. 1999.

APÊNDICE

Apêndice 1: Valores obtidos para Riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener, Equitabilidade de Pielou e Dominância de Simpson (média e desvio padrão \pm). Resultados dos testes de significância (ANOVA).

Riqueza de Espécies (\pmdesvio padrão)				
Mês/Ano	Rio Casqueira	Rio Tubarão	F	<i>p</i>
Set/10	16,25 \pm 1,62	16,75 \pm 3,37		
Nov/10	5,5 \pm 1,5	13,75 \pm 2,87		
Jan/11	5,75 \pm 1,25	15 \pm 1,5	12,96	<0,001*
Mar/11	8,75 \pm 1,75	15,75 \pm 3,75		
Abr/11	8,75 \pm 4,62	17,25 \pm 4,12		
Jun/11	11,5 \pm 5	20,25 \pm 5,25		
Diversidade de Shannon-Wiener (\pmdesvio padrão)				
Meses/Ano	Rio Casqueira	Rio Tubarão	F	<i>p</i>
Set/10	1,32 \pm 0,20	1,53 \pm 0,51		
Nov/10	0,82 \pm 0,42	1,59 \pm 0,19		
Jan/11	1,01 \pm 0,45	1,65 \pm 0,20	6,85	<0,001*
Mar/11	0,70 \pm 0,46	1,65 \pm 0,38		
Abr/11	0,50 \pm 0,34	1,66 \pm 0,27		
Jun/11	1,04 \pm 0,26	1,95 \pm 0,34		

Equitabilidade de Pielou (\pm desvio padrão)

Meses/Ano	Rio Casqueira	Rio Tubarão	F	<i>p</i>
Set/10	0,47 \pm 0,07	0,49 \pm 0,14		
Nov/10	0,41 \pm 0,19	0,58 \pm 0,04		
Jan/11	0,56 \pm 0,24	0,60 \pm 0,07	4,54	<0,001*
Mar/11	0,30 \pm 0,18	0,54 \pm 0,10		
Abr/11	0,22 \pm 0,12	0,53 \pm 0,05		
Jun/11	0,46 \pm 0,01	0,58 \pm 0,08		

Dominância de Simpson (\pm desvio padrão)

Meses/Ano	Rio Casqueira	Rio Tubarão	F	<i>p</i>
Set/10	0,61 \pm 0,11	0,60 \pm 0,18		
Nov/10	0,41 \pm 0,25	0,70 \pm 0,05		
Jan/11	0,53 \pm 0,24	0,73 \pm 0,06	5,49	<0,001*
Mar/11	0,34 \pm 0,23	0,62 \pm 0,16		
Abr/11	0,25 \pm 0,18	0,64 \pm 0,13		
Jun/11	0,52 \pm 0,11	0,71 \pm 0,12		

* valores significativos

Apêndice 2: Valores de Biomassa Seca ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) encontrada nas áreas durante as amostragens mensais. Resultados dos testes de significância (ANOVA).

Biomassa Média Total (\pm desvio padrão)

Meses/Ano	Rio Casqueira	Rio Tubarão	F	<i>p</i>
Set/10	56,90 \pm 40,47	60,43 \pm 57,15		
Nov/10	13,24 \pm 3,38	38,12 \pm 13,55		
Jan/11	42,39 \pm 16,56	55,65 \pm 29,13	25,85	<0,001*
Mar/11	55,64 \pm 26,61	33,58 \pm 13,00		
Abr/11	51,56 \pm 22,33	41,48 \pm 20,20		
Jun/11	51,69 \pm 20,70	86,16 \pm 33,24		

* Valor altamente significativo

Apêndice 3: Frequência de ocorrência das espécies encontradas nas áreas estudadas, expressa em porcentagem (%) de presença nas amostragens mensais. $f_{oc}(\%)$ – frequência de ocorrência (%)

Espécies	Rio Casqueira							$f_{oc}(\%)$	Rio Tubarão						$f_{oc}(\%)$
	MESES	Set/10	Nov/10	Jan/11	Mar/11	Abr/11	Jun/11		Set/10	Nov/10	Jan/11	Mar/11	Abr/11	Jun/11	
<i>A. spicifera</i>		+	+	+	+	66,67	+	+	+	+	+	+	100
<i>A. crenulata</i>		+	+	+	50	....	....	....	....	....	....
<i>Boodleopsis pusilla</i>		+	+	+	+	+	+	100	....	....	+	+	+	+	66,67
<i>Bostrychia calliptera</i>		+	+	+	+	66,67	....	....	+	....	....	....	16,67
<i>B. montagnei</i>		+	+	+	+	+	+	100	....	+	+	+	+	+	83,33
<i>Bostrychia radicans</i>		+	+	+	+	+	83,33	....	+	+	+	+	....	66,67
<i>Bostrychia sp.</i>		+	16,67	....	....	....	+	+	+	50
<i>Bostrychia sp2.</i>		+	16,67
<i>Bostrychia tenella</i>		+	+	+	50	....	+	....	....	....	....	16,67
<i>Bryopsis corymbosa</i>		+	16,67
<i>Bryopsis pennata</i>		+	16,67
<i>B. triquetrum</i>		+	+	33,33
<i>Caloglossa lepreurii</i>		+	+	+	+	+	+	100	....	+	+	+	+	+	83,33
<i>Catenela caespitosa</i>		+	+	33,33	....	....	....	....	....	....
<i>C. cupressoides</i>		+	+	+	50	+	+	+	+	+	+	100
<i>Caulerpa mexicana</i>		+	+	+	+	66,67	+	+	+	+	+	+	100
<i>Caulerpa prolifera</i>		+	+	+	+	+	+	100	+	....	....	+	+	+	66,67
<i>Caulerpa racemosa</i>		+	+	+	+	+	+	100	....	....	....	....	....	....
<i>C. sertulariodes</i>		+	+	+	+	+	+	100	+	+	+	+	+	+	100
<i>Caulerpa vetecilata</i>		+	+	+	+	66,67	....	....	....	....	....	....
<i>Ceramium sp.</i>		+	16,67
<i>C. aerea</i>		+	+	+	+	66,67	+	+	+	+	+	+	100
<i>Chondria sedifolia</i>		+	+	33,33	....	....	....	....	....	+	16,67
<i>Chondria sp.</i>		+	16,67	....	....	....	+	+	+	50
<i>Cladophora prolifera</i>		+	16,67	....	....	....	....	....	....
<i>Cladophora sp.</i>		+	16,67
<i>C. vagabunda</i>		+	16,67	+	+	+	....	....	+	66,67
<i>C. membranaceae</i>		+	+	+	+	+	+	100	....	+	+	+	+	+	83,33
<i>Coelarthrum sp.</i>		+	16,67	....	....	....	....	....	....
<i>C. crenulata</i>			+	+	+	+	66,67
<i>Dictyota cervicornis</i>		+	16,67	+	+	+	....	+	+	83,33

Continua...

<i>Dictyota ciliolata</i>	....	+	....	....	+	+	50	+	+	+	+	+	+	100
<i>Dictyota menstrualis</i>	+	....	....	....	....	....	16,67	+	....	....	+	....	....	33,33
<i>Dictyota mertensii</i>	....	....	....	....	....	....	....	+	+	+	+	....	+	83,33
<i>Dictyota pulchella</i>	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	....	....	16,67
<i>Dictyota sp.</i>	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	16,67
<i>Ectocarpus variabilis</i>	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	16,67
<i>Gracilaria birdiae</i>	....	....	....	....	....	+	16,67	....	....	....	+	+	+	50
<i>Gracilaria caudata</i>	+	+	+	+	+	+	100	+	+	+	+	+	+	100
<i>Gracilaria cearensis</i>	....	....	....	....	....	+	16,67	+	....	....	+	+	....	50
<i>G. cervicornis</i>	+	....	....	....	....	+	33,33	+	....	+	....	....	+	50
<i>Gracilaria cuneata</i>	+	+	....	....	....	....	33,33	+	+	+	+	+	+	100
<i>G. domigensis</i>	+	+	+	+	+	+	100	+	+	+	+	+	+	100
<i>G. mammillaris</i>	+	....	....	....	....	....	16,67	+	+	....	....	+	+	66,67
<i>Gracilaria sp.</i>	+	....	....	....	....	....	16,67	+	+	....	+	....	+	66,67
<i>Gracilariopsis sp.</i>	....	....	....	....	....	+	16,67	....	....	....	....	....	....	....
<i>Halodule wrightii</i>	....	+	+	+	+	+	83,33	+	+	+	+	+	+	100
<i>Halophila decipiens</i>	....	+	+	+	+	+	83,33	+	+	+	+	+	+	100
<i>Hypnea cervicornis</i>	+	....	....	....	....	....	16,67	....	....	....	....	....	....	....
<i>Hypnea musciformis</i>	+	....	....	+	+	+	66,67	+	+	+	+	+	+	100
<i>Hypnea spinela</i>	....	....	....	....	....	....	....	+	....	....	....	....	....	16,67
<i>Monostroma sp.</i>	....	....	....	....	....	+	16,67	....	....	....	....	....	+	16,67
<i>N. gorgoniae</i>	....	....	....	....	....	+	16,67	....	....	....	....	....	+	16,67
<i>P. subtilissima</i>	+	....	....	+	+	+	66,67	....	+	+	+	+	+	83,33
<i>R. africanum</i>	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	....	....	....	16,67
<i>R. riparium</i>	+	+	+	+	+	+	100	....	+	+	....	+	+	66,67
<i>Solieria filiformis</i>	+	....	....	....	+	+	50	+	+	+	+	+	+	100
Sp1.	....	....	....	....	....	+	16,67	....	....	....	+	....	....	16,67
<i>Spiridia filamentosa</i>	....	....	....	....	....	+	16,67	....	....	....	....	....	+	16,67
<i>Ulva fasciata</i>	....	....	....	....	....	....	....	+	+	+	....	....	....	50
<i>Ulva flexuosa</i>	+	....	....	....	....	....	16,67	+	+	+	+	+	+	100
<i>Ulva lactuca</i>	+	+	+	....	....	+	66,67	+	+	+	+	+	+	100
<i>Ulva linguolata</i>	+	....	....	....	....	....	16,67	....	....	....	....	....	....	....
<i>Ulva reticulata</i>	....	....	....	....	+	....	16,67	....	....	....	....	+	+	33,33

+ Presente; Não Presente

CAPÍTULO II

RIQUEZA E SIMILARIDADE: UMA FORMAÇÃO DIFERENTE NA COMPOSIÇÃO DAS MACROALGAS DE MANGUEZAIS HIPERSALINOS

RESUMO

Ambientes como manguezais são caracterizados por apresentar espécies resistentes às fortes variações abióticas a que estão submetidas, possibilitando a formação de comunidades com caráter homogêneo. No Brasil, estudos acerca das espécies de macroalgas associadas a manguezais tem revelado dominância do grupo “Bostrychietum”. Porém, dois manguezais hipersalinos estudados neste trabalho, exibiram uma diferente riqueza de espécies macroalgais, contrastando fortemente com as macroalgas de manguezais típicos. Ambos manguezais localizam-se no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. A região possui clima semiárido quente, com baixa precipitação e duas estações bem demarcadas (seca e chuvosa). Os manguezais são influenciados fortemente pelos regimes de marés, o aporte de água doce vem de escassas chuvas e do lençol freático subjacente. O material estudado foi obtido em coletas qualitativas realizadas ao longo dos dois rios durante mergulho livre (“snorkeling”). O material algal coletado foi triado e identificado em laboratório. Uma lista de espécies foi elaborada e comparada com listas de macroalgas de 27 áreas ao longo da costa brasileira, sendo 11 mangue-estuarinas e 16 marinhas. Uma análise de similaridade através do índice de Jaccard (presença/ausência) e um escalonamento multidimensional (nMDS) foi empregada para verificar o padrão de distribuição das espécies entre os tipos de habitats (marinhos/mangue-estuarinos) e pelas províncias biogeográficas (Zona Tropical, de Transição e Temperada-Quente). Análises de Similaridade (ANOSIM) foi usada para verificar as possíveis diferenças. Índices fitogeográficos de Feldman e Cheney foram utilizados para descrever padrões biogeográficos entre os Phyla das algas. Correlação não-paramétrica de Spearman foi realizada entre os manguezais hipersalinos e os manguezais de caráter positivo levantados, utilizando as seguintes variáveis ambientais: latitude, longitude, salinidade e precipitação anual média. Foram identificadas 93 espécies da flora aquática nos manguezais hipersalinos estudados, sendo 91 espécies de macroalgas e duas de angiospermas marinhas. A divisão Rhodophyta foi a mais representativa, com 51,61% (48spp.), seguida da Divisão Chlorophyta 35,48% (33spp.), Divisão Ochrophyta 10,75% (9spp.) e o Filo Magnoliophyta com 2spp. Dezesseis espécies são novos registros, a exemplo de: *Bryopsis corymbosa*, *Caulerpa racemos var. lamourouxii* e *Chondria arcuata* são novos registros para o Rio Grande do Norte; *Ulva reticulata* é registrada pela primeira vez para o Brasil, *Coelarthrum* sp. consiste em uma nova espécie para a ciência. Testes de similaridade (ANOSIM: $p < 0,001$) mostraram diferenças entre as listas comparadas. Do ponto de vista biogeográfico, macroalgas de manguezais hipersalinos agruparam-se na Zona Tropical, sendo muito similares àquelas de ambientes recifais. Os índices fitogeográficos mostraram-se aceitáveis para a Zona Tropical, porém muito superiores para qualquer tipo de manguezal. Os padrões encontrados demonstraram grande presença de macroalgas possivelmente advindas do oceano coexistindo com espécies típicas de manguezais. Isto sugere que os manguezais hipersalinos estudados são distintos de qualquer habitat marinho ou mangue-estuarino brasileiro, sendo caracterizados por alta riqueza e diversidade.

Palavras-chave: Manguezais hipersalinos, macroalgas, macroecologia, similaridade, estado do Rio Grande do Norte

ABSTRACT

Environments such as mangroves are characterized by having species with strong resistance to abiotic changes that are submitted, allowing the formation of homogeneous communities. In Brazil, studies on the species of macroalgae associated with mangroves have revealed the dominance of the group "Bostrychietum". However, two hypersaline mangroves studied in this work, exhibited different macroalgae species richness, strongly contrasting with the species typical mangroves. Both sites are located on the northernmost coast of the Rio Grande do Norte state, northeastern Brazil. The region's climate is semi-arid with low rainfall and two distinct seasons (dry and wet). The studied mangroves are strongly influenced by tidal regimes. The freshwater inflow comes only from scarce rainfall and groundwater underlying. The material studied was obtained from qualitative samples obtained along the two rivers during free diving ("snorkeling"). The algal material collected was sorted and identified in the laboratory. A species checklist was prepared and compared with macroalgal checklists of 27 areas along the Brazilian coast: 11 mangrove-estuarine and 16 marine. Cluster analysis using the Jaccard index (presence/absence) and Non-metric multidimensional scaling (nMDS) were used to verify the pattern of distribution of species among habitat types (marine/estuarine-mangrove) and the biogeographic provinces (Tropical Zone, Transition Zone and Warm-Temperate Zone). Analysis of similarities (ANOSIM) was used to examine the possible differences among areas. Phytogeographic indices of Feldman and Cheney were used to describe biogeographic patterns among algae Phyla. Non-parametric Spearman correlation was used among positive and hypersaline mangroves considering the following variables: latitude, longitude, salinity and mean annual precipitation. We identified 93 species of aquatic flora for the studied hypersaline mangroves, of which 91 species were macroalgae and two seagrasses. Division Rhodophyta was the most representative, with 51.61% of species recorded (48spp.), followed by Division Chlorophyta (35.48%; 33spp.), Division Ochrophyta (10.75%; 9spp.) and the Phylum Magnoliophyta with 2spp. Sixteen species are new records, such as: *Bryopsis corymbosa*, *Caulerpa racemosa* var. *lamourouxii*, and *Chondria arcuata* are new records for the state of Rio Grande do Norte; *Ulva reticulata* is recorded for the first time to Brazil, and *Coelarthrum* sp. consists of a new species to science. Analysis of similarities (ANOSIM: $p < 0.001$) showed differences between the compared lists. Biogeographically, hypersaline mangrove macroalgae are grouped in the Tropical Zone, being very similar to those of reef environments. Phytogeographic indices were acceptable to the Tropical Zone, but higher than any other mangrove environment compared. The patterns found showed great presence of macroalgae possibly coming from the ocean coexisting with typical mangrove species. This suggests that the hypersaline mangroves studied are a distinct habitat of any marine or estuarine-mangrove of Brazil. They are characterized by high macroalgae species richness and diversity.

Keywords: Hypersaline mangroves, macroalgae, macroecology, similarity, Rio Grande do Norte state

2.1 INTRODUÇÃO

Características tropicais e subtropicais são dominantes ao longo de toda costa brasileira, em que fenômenos regionais definem as condições climatológicas e oceanográficas capazes de determinar os traços distintivos da biodiversidade brasileira. A flora macrofitobentônica, pode sofrer variações de acordo com os padrões climáticos e geográficos suportando comunidades complexamente adaptadas (e.g. HORTA, 2000; FIGUEIREDO & STENECK, 2002; TAQUIL & YONESHIGUE-VALENTIN, 2002; GUIMARÃES, 2003; NUNES, 2005; CARIDADE & FERREIRA-CORREIA, 2007; MACHADO e NASSAR, 2007). Assim, a composição de espécies de macroalgas sofre variação no padrão de distribuição estabelecido pelas províncias biogeográficas do Brasil, determinando o processo de ordenação quali e quantitativa destes produtores primários ao longo da costa. No entanto, tal fato não é observado para áreas de manguezais. Isto faz com que a ficoflora destes ambientes seja menos visada quando comparada a outras áreas costeiras marinhas.

Para macroalgas, as zonas ficogeográficas brasileiras mais aceitas atualmente são aquelas descritas por Horta et al. (2001). Estes autores propuseram o agrupamento da biodiversidade de algas, com apenas duas regiões: a Tropical (Norte e Nordeste) e a Temperada Quente (Sudeste e Sul), ambas separadas por uma Zona de Transição representada pelo estado do Espírito Santo, a qual apresenta alta diversidade de espécies macroalgais e características peculiares (GUIMARÃES, 2003). Nesta Zona, a variação de espécies ocorre devido à alteração da latitude e da temperatura, com exceção dos manguezais.

Amaral & Jablonski (2005) mencionam que as áreas marinhas brasileiras são comumente representadas por recifes, costões rochosos, estuários, lagoas costeiras e manguezais, sendo as áreas recifais e costões rochosos os habitats que possuem uma maior representatividade de espécies macroalgais. Tais ambientes proporcionam nichos passíveis de serem ocupados, sendo fundamentais para a manutenção de comunidades ecológicas de diversos ambientes marinhos (FIGUEIREDO et al., 2008).

Por serem habitats bastante heterogêneos, os recifes e costões tem uma maior relevância no conhecimento das espécies de macroalgas ali habitadas por possuírem grande importância econômica. Além disso, constituem-se produtores primários responsáveis por sustentar a vida nos mares e oceanos, desempenhando um papel ecológico fundamental na manutenção destes ecossistemas (HORTA et al., 2001;

OLIVEIRA et al., 2001). Neste sentido, podemos exemplificar alguns trabalhos relevantes para o conhecimento da flora ficológica no Brasil: Oliveira Filho (1969 e 1977), Guimarães (1990), Moura (2000), Horta (2000), Nunes e Paula (2000, 2004a, 2004b e 2006), Pereira (1974) e Miranda (1989), todos focando áreas recifais e costões rochosos.

Ambientes como manguezais, estuários e lagoas costeiras são caracterizados por apresentarem espécies resistentes às fortes variações abióticas a que estes ecossistemas estão sujeitos (e.g. ESTEVES et al., 2008; FELLER et al., 2010). Eles possibilitam a formação de comunidades resistentes e que assumem um caráter homogêneo no padrão da constituição de espécies (FONTES et al., 2007; BARROSO & MATTHEWS-CASCON, 2009).

Os manguezais abrigam comunidades algais diversas, as quais crescem epifiticamente sobre os pneumatóforos, raízes emersas e caules de plantas de mangue, além de outros substratos duros (ZUCCARELLO et al., 2001). Nos ambientes estuarinos, as algas ficam expostas às variações ambientais associadas à dinâmica do ambiente, incluindo a emersão e submersão durante os ciclos de marés, flutuações da temperatura, salinidade, luz e disponibilidade de nutrientes (PREGNALL & RUDY, 1985). Tais circunstâncias são desfavoráveis para a maioria das espécies de macroalgas marinhas e de água doce, no entanto, as algas associadas aos manguezais têm se adaptado a esse ambiente (OLIVEIRA, 1984).

Algas associadas a manguezais exercem um papel importante na produção primária do ambiente estuarino através da produção de material orgânico e contribuindo com a ciclagem de nutrientes (DAVEY & WOELKERLING, 1985; McLUSKY & ELLIOT, 2004). Esta associação tem sido estudada em diversas partes do mundo, inclusive visando à identificação de espécies bioindicadoras de poluição (e.g. MELVILLE et al., 2005; MELVILLE & PULKOWNIK, 2007). Embora alguns autores afirmem que nos ambientes de manguezais, a diversidade de algas é geralmente baixa (e.g. OLIVEIRA, 1984), alguns estudos indicam que a mesma pode ser maior do que se observa para determinadas áreas (e.g. JAGTAP, 1992 – 61 espécies/Índia; JAGTAP, 1993 – 127 espécies/Ilhas Maurício).

No Brasil, os estudos acerca das espécies de macroalgas associadas a manguezais têm revelado comunidades normalmente homogêneas, com composição e dominância de espécies semelhantes em diferentes estudos ao longo da costa,

predominando espécies do tipo “Bostrychietum”, dos gêneros *Ulva*, *Bostrychia*, *Caloglossa* e *Catenella* (e.g. YOKOYA et al. 1999 – Ilha do Cardoso, SP; PAULA et al. 1989 – Ilha de Maracá, AP; CUTRIM et al. 2004 – Ilha de São Luis, MA). Estes estudos geralmente enfocam as macroalgas associadas às raízes de plantas de mangue, tendo em vista que, nestes ambientes, geralmente as raízes são os únicos substratos duros disponíveis e de acordo com Hogarth (2007), macroalgas são mais raras em substratos lamacentos.

Em áreas de manguezais associadas a estuários positivos, a forte variação da salinidade e descarga de água doce faz com que a riqueza macroalgal estabelecida seja baixa ao redor do mundo (e.g. CORDERO 1978 – Filipinas; TANAKA & CHIARA 1987 – Japão; AIKANATHAN & SASEKUMAR 1994 – Malásia; LAURSEN & KING 2000 - Austrália; CUTRIM et al. 2004 – Brasil).

Habitats hipersalinos mostram que a flutuação da salinidade tende a ser menor, o que pode contribuir, em alguns aspectos, na riqueza e abundância de determinados organismos (ÓLAFSON et al. 2000, SIMIER et al. 2004, SILVA et al., 2009). Para as macroalgas, pouco se conhece acerca da influência da hipersalinidade sobre os padrões de composição macroalgal. Nesse sentido, o presente estudo fornece um levantamento ficoflorístico de dois manguezais hipersalinos do litoral norte potiguar, além de comparar, a partir de dados de presença/ausência, espécies inventariadas nesse estudo com aquelas de estudos sobre macroalgas de manguezais positivos e de áreas marinhas brasileiras, focando as províncias biogeográficas conhecidas e as ilhas oceânicas, bem como o tipo de habitat que elas estão estabelecidas (e.g. costão rochoso, recife). O intuito foi de elucidar possíveis diferenças entre os manguezais positivos e os ambientes hipersalinos amostrados. Além disso, fatores extrínsecos dos manguezais foram considerados (latitude, longitude, precipitação média e salinidade), estabelecendo-se uma comparação entre estes fatores e as áreas de mangue focadas no presente trabalho.

Mais especificamente, buscou-se responder os seguintes questionamentos: (i) O limite de similaridade causa convergência de nichos específicos, sugerindo um padrão ecossistêmico que se distingue de outras zonas geográficas conhecidas para macroalgas? (ii) Qual o efeito dos fatores extrínsecos sobre a riqueza de macroalgas em manguezais da costa brasileira?

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em dois rios hipersalinos no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, município de Macau (5°06'54''S e 36°38'04''W): Casqueira e Tubarão (Figura 26 A e B), ambos situados no território do município de Macau. Esta região é caracterizada por possuir um período seco que se estende, aproximadamente, de 8 a 9 meses, durante Junho a Fevereiro. Já a estação chuvosa é curta, de 3 a 4 meses, podendo ser iniciada no mês de Fevereiro indo até o mês de Maio, com concentrações de chuvas ocorrentes nos meses de Março e Abril, suficiente para tornar o clima superúmido.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os ventos sopram de leste a nordeste e estão relacionados ao Anticlone Sul diminuindo no Norte e Nordeste do Brasil, passando para a Zona de Convergência Intertropical. Vale salientar que a velocidade média dos ventos é de 20,5km/h, caracterizando-os como os ventos mais intensos da região. Em síntese, os ventos fracos são predominantes nos meses de Fevereiro a Julho, e de Agosto a Janeiro prevalecem ventos fortes.

Dados de insolação indicados para a região são os maiores registrados no Brasil, tendo em média 2600horas/ano, equivalente a 7,1horas/dia de incidência de luz no ambiente (AZEVEDO et. al. 1987; INMET, 2010). Os fatores até agora citados, geram um bioclima tropical quente e seco tornando a evapotranspiração potencial anual média maior que a precipitação.

A região possui uma formação vegetal dominada por Caatinga Hiperxerófila, de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhadas, a exemplos da jurema preta (*Mimosa hostilis* Benth), faxeiro (*Pilosocereus pentaedrophorus* (Lab.) Byl.& Rowl.) e marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill.). Esta vegetação se estende até as áreas dos manguezais onde ocorre uma mudança na dominância por pirixiu (*Blutaparon portulacoides* St. Hill.) e o bredo (*Amaranthus spinosus* L.), às vezes consorciados com carnaubais (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.Moore). Esta característica é explicada devido ao clima provocar intensa evaporação nas partes superficiais do terreno tornando o solo mais salino (MME, 2005). A vegetação de manguezal é composta por *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke, *A. germinans* L. e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.,

com rara ocorrência de *Conocarpus erectus*. A região também apresenta outros tipos de ambientes como, por exemplo, restingas, campos de dunas móveis e fixas e falésias (DIAS, 2006).

As planícies de maré do litoral setentrional do Rio Grande do Norte são ambientes com características estuarinas, apresentando crescimento de manguezais, fortemente influenciados pelo regime de marés e que, diferentemente das áreas estuarinas típicas, não possuem aporte de água doce proveniente de um rio. As únicas fontes de água doce são as escassas chuvas e o lençol freático subjacente. Estas condições favorecem a manutenção de um ambiente hipersalino. De acordo com Dias (2006), a planície de maré estuarina do Rio Tubarão, por exemplo, apresenta salinidade variando de 37 a 55. Estas condições atípicas podem, possivelmente, refletir na composição e abundância da fauna e flora associadas, especialmente quando comparadas aquelas de áreas estuarinas típicas, onde a salinidade não ultrapassa 36 (DIAS, 2006).



Figura 26: Vista mostrando a localização das áreas de estudo: A) Rio Casqueira e B) Rio Tubarão. Fonte: Google Earth (2011).

2.2.2 Procedimentos de Coleta

O material estudado foi proveniente de excursões de coletas quali/quantitativas realizadas ao longo dos dois estuários que se estendem da porção mais baixa, conectada ao oceano 11km a montante, ainda sobre influência das marés. Ambos os ambientes caracterizam-se como estuários negativos ou inversos, pois a salinidade cresce da foz à montante. As taxas de evaporação excedem a entrada de água doce e o gradiente de salinidade tende a aumentar do mar para trechos mais superiores. A salinidade é superior a 40, podendo ultrapassar 50 em trechos mais altos do rio.

Foram realizadas coletas qualitativas por meio de busca intensiva para os dois rios. Procurou-se abranger as áreas marginais (incluindo as raízes escoras e pneumatóforos) e leito dos dois rios, bancos areno-lodosos, além das “camboas” que cortavam o leito principal do rio e pontos que concentravam uma maior salinidade, focando, dessa maneira, quase a totalidade das áreas dos rios, desde a desembocadura até partes mais distantes dela. Estruturas artificiais, como um píer de madeira, também foram exploradas para complementar o inventário.

Uma coleta-piloto foi realizada em Maio e Junho de 2010, com intuito de realizar um primeiro levantamento da macroflora presente nos dois ambientes. Posteriormente, coletas bimensais foram realizadas entre Setembro de 2010 e Junho de 2011. As amostragens se deram por mergulho livre (“*snorkelling*”), sendo realizadas manualmente em locais com profundidade variando de 0,2 a 6 m. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos para posterior fixação em formol a 5% diluído com água ambiente.

Após a fixação, os sacos com material algal foram armazenados em baldes de 20 litros, para serem posteriormente transportados para o Laboratório de Biologia Marinha (LaBiMar) do Departamento de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), para triagem e identificação.

2.2.3 Análise dos dados

a) Procedimentos em laboratório

Em laboratório, o material coletado foi triado a olho nu ou sob microscópio estereoscópio – Olympus SZ – no intuito de separar as epífitas. Em seguida, os

exemplares foram identificados em nível genérico ou específico, medidos e analisados quanto ao estado vegetativo e reprodutivo. Após a identificação, os espécimes foram herborizados ou lâminas permanentes confeccionadas, sendo posteriormente preparados para serem depositados no Herbário Arruda Câmara (ACAM) da Universidade Estadual da Paraíba/UEPB. Alguns representantes, como novos registros para o estado do Rio Grande do Norte, região Nordeste e/ou Brasil, bem como possíveis espécies novas encontradas, foram também depositados no Herbário da Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC (FLOR).

A identificação foi feita em estereomicroscópio e microscópio óptico (Olympus CX31), onde se observou a morfologia externa e interna das estruturas vegetativas e reprodutivas. Cortes histológicos à mão livre, com lâmina de barbear, foram empregados. De maneira geral, o material foi corado com azul de anilina em solução aquosa acidificada com HCl 1N e glicerina a 50% utilizado como preservativo. Lugol foi usado para corar pirenóides em algas verdes, visto que estas estruturas normalmente são usadas como critério taxonômico. Logo após a identificação, o material foi etiquetado e depositado no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ambientes Marinhos (LECAM) da UEPB.

Quando foi necessário corar o núcleo, utilizou-se corante de Wittmann (FUJII, 1998). Assim, os espécimes filamentosos e delicados foram estendidos em uma lâmina e desidratados com algumas gotas de Carnoy (3:1). Após 5 minutos aplicou-se o corante, e em seguida, submetemos o material a um rápido aquecimento para acelerar a reação.

A documentação fotográfica dos exemplares foi realizada com uma câmara digital Sony Cyber-Shot DSC-W5 (8.1 mega pixel) e Fujifilm FinePix A805 (8.3 mega pixel), com o auxílio do microscópio óptico comum e estereomicroscópio. Utilizou-se também câmara clara Olympus CXZ31 para desenhar estruturas não evidentes em fotografias.

Seguiu-se a classificação taxonômica e a nomenclatura adotada por Wynne (2011), e para uma maior confirmação seguiu-se o *algaebase.org* (Guiry & Guiry 2011). Para alguns gêneros houve a complementação através de outros estudos taxonômicos: *Ulva* e *Acetabularia* (KANAGAWA, 1984), *Caulerpa* (BARATA, 2008), *Polysiphonia* e *Neosiphonia* (GUIMARÃES, et al., 2004) e *Chaetomorpha* e *Rhizoclonium* (ALVES, et al., 2009).

b) Análise dos Dados

Uma lista da ficoflora identificada para os dois rios foi montada. Em seguida, comparações entre as áreas de estudo e outros levantamentos macroalgais em diferentes formações mangue-estuarinas e marinhas do Brasil foram analisadas. Este critério foi escolhido como comparação, pois nas duas áreas estudadas no presente trabalho ocorrem algas que representam os ambientes marinhos e de manguezais. Sendo assim, 27 listas de trabalhos publicados em periódicos (artigo ou nota científica) ou como resumos expandidos em anais de eventos nacionais e/ou internacionais foram considerados. Os trabalhos referentes a levantamentos das áreas marinhas brasileiras foram classificados quanto a zona biogeográfica (Zona Tropical, de Transição e Temperada-Quente), classificação baseada em Horta et al. (2001); e quanto ao tipo de habitat em que estão inseridas (e.g. costão rochoso, etc.). Para os manguezais, foram classificados quanto ao tipo de estuários que estão inseridos, ou seja, Positivo ou Hipersalino.

Dentre os trabalhos listados, 11 foram realizados em áreas mangue-estuarinas e 16 em áreas marinhas. A tabela 7 apresenta as áreas amostradas por tipo de zona e habitat, bem como as referências dos estudos considerados.

Na comparação entre as áreas considerou-se os táxons apenas no nível de espécie, não sendo consideradas subespécie, variedade ou forma, e desconsideradas as identificações de gênero ou família, assim como identificações imprecisas no nível específico, isto é, citadas com “cf” (conferir) ou “aff” (afim).

Entre os levantamentos citados e o presente estudo, calculou-se o índice de similaridade de Jaccard utilizando o programa *Primer v 6.0*. Com estes levantamentos montou-se uma matriz de dados binários (presença/ausência) e foi feita uma análise de agrupamento pelo vizinho mais próximo e mais distante, pretendendo realçar os grupos, montando um cluster de similaridade. Além disso, padrões de distribuição de espécies, na faixa de tipos de habitat, foram analisados por meio de escalonamento multidimensional (MDS). O estresse de Kruskal foi aplicado para testar a ordenação obtida pelo MDS. A ANOSIM foi usada para testar as diferenças entre os ambientes.

Índices fitogeográficos foram utilizados para descrever os padrões biogeográficos entre os Phylum das algas encontradas nos manguezais estudados, estabelecendo uma comparação com os padrões de riqueza encontrados para as áreas

mangue-estuarinas e marinhas, referidas no presente trabalho. Os índices utilizados foram: Feldman, que estabelece uma razão entre os números de espécies R/O (Rhodophyta/Ochrophyta); e Cheney, que é o somatório de espécies de Rhodophyta e Chlorophyta divididas pelo número de pardas (Ochrophyta). Estes índices, apesar de se referirem a aspectos puramente descritivos e pontuais, foram utilizados para descrever a inserção da flora local nos padrões e províncias biogeográficas estabelecidas por Horta et al. (2001). Vale lembrar que as áreas comparadas são variáveis em tamanho e que provavelmente tiveram esforços de coletas diferentes.

Ainda assim, por serem dados não-paramétricos, análises de regressão não-linear, entre as áreas de manguezais (Hipersalino X Positivo), foram testadas usando o programa *Statistica 8.0*. O intuito foi de realizar comparações entre a variável dependente (Riqueza) com os fatores extrínsecos de caráter regional (Latitude, Longitude, Precipitação Anual Média e Salinidade Média). Uma linha de regressão não-linear potencial foi estabelecida para identificar qual variável resposta pode estar contribuindo com a elevada riqueza dos manguezais hipersalinos, pois dentre as regressões realizadas foi a melhor correlacionada.

Os dados ambientais de Precipitação Anual Média e Salinidade foram inseridos com base no ano de publicação de cada artigo incluído, assim como nas áreas do presente estudo, que foram medidas e equivalentes ao ano da pesquisa. Vale salientar que esses fatores variaram ao longo dos anos, em relação ao ano de publicação de cada trabalho.

Tabela 7: Distribuição geográfica e por tipo de habitat das áreas estudadas, com base na lista de espécies das macroalgas de cada trabalho levantado, bem como as referências bibliográficas.

Áreas	Estado	Tipo de Habitat	Zona Biogeográfica	Referência
MANGUEZAIS				
Rio Casqueira	RN	Hipersalino	TROPICAL	Presente estudo
Rio Tubarão	RN	"	"	Presente estudo
Rio Ceará	CE	"	"	Miranda & Pereira (1989)
Península de Ajaruteua	PA	Positivo	"	Fernandes <i>et al.</i> (2005)
Parna-Açu e Tauá-Mirim	MA	"	"	Cutrim <i>et al.</i> (2004)
Baía de Turiaçu	MA	"	"	Caridade & Ferreira-Correia (2007)
Vila Velha	PE	"	"	Fontes <i>et al.</i> (2005)
Suape	PE	"	"	Fontes <i>et al.</i> (2007)
Coroa Grande	RJ	"	TEMPERADA-QUENTE	Tavares & Mendes (2001)
Ilha do Cardoso	SP	"	"	Yokoya <i>et al.</i> (1999)
Parque Serra do Mar	SP	"	"	Machado & Nassar (2007)
Itacorubi	SC	"	"	Hadlich & Bouzon (1984 e 1985)
Baía de Babitonga	SC	"	"	Cunha <i>et al.</i> (1999)
MARINHAS				
Baía de Todos os Santos	BA	Recife Coralíneo	TROPICAL	Marins <i>et al.</i> (2008)
Praia de Boa Viagem	PE	Arenítico	"	Ribeiro <i>et al.</i> (2008)
Praia de Pitimbú	PB	Coralíneo	"	Lucena <i>et al.</i> (2007)
Barra de Mamanguape	PB	Arenítico	"	Araújo <i>et al.</i> (2008)
Recife de Maracajaú	RN	Coralíneo	"	Silva (2006)
Reserva Biológica da Praia do Sul	RJ	Costão Rochoso	TEMPERADA-QUENTE	Gestinaría <i>et al.</i> (1998)
Baía de Sepetiba	RJ	"	"	Amado Filho <i>et al.</i> (2003)
Baía da Ilha Grande	RJ	"	"	Brito <i>et al.</i> (2002)
Parque Serra do Mar	SP	"	"	Machado <i>et al.</i> (2011)
Baías da Ilha de Santa Catarina	SC	"	"	Bouzon <i>et al.</i> (2006)
Praia de Jacaraípe	ES	TRANSIÇÃO	TRANSIÇÃO	Barbosa <i>et al.</i> (2008)
Fernando de Noronha (1)	PE	Ilha Oceânica	TROPICAL	Széchy <i>et al.</i> (1989)
Fernando de Noronha (2)	PE	"	"	Villaça <i>et al.</i> (2006)
Atol das Rocas	RN	"	"	"
Complexo Insular Trindade e Martin Vaz	ES	"	TRANSIÇÃO	"
Complexo de Abrolhos e Arredores	BA	"	TROPICAL	"

2.3. RESULTADOS

2.3.1 Florística

2.3.1.1 Inventário das Espécies

Para os dois rios estudados foram identificados 91 táxons macroalgais e 2 angiospermas marinhas, totalizando 93 espécies da macroflora aquática, distribuídos em 47 gêneros e 29 famílias, dos quais 86 (91,48%) foram identificados no nível de espécie e sete (8,51%) no nível de gênero. Dentre as macroalgas registradas para os dois rios, o Filo Rhodophyta foi a mais representativa, com 48 espécies (51%), sendo as famílias Rhodomelaceae e Gracilariaceae as mais representativas (22 spp.). Somadas, estas duas famílias englobaram 45,83% das rodofíceas coletadas. O Filo Chlorophyta contribuiu com 33 espécies (36%), sendo as famílias Ulvaceae e Caulerpáceae as mais representativas com 19 espécies (57,57% das clorofíceas coletadas). Já o Filo Ochrophyta apresentou dez espécies (11%), sendo a família Dictyotaceae a mais representativa (9 spp.). As 2 angiospermas marinhas encontradas pertencem as magnoliófitas, sendo uma da família Hydrocharitaceae (*Halophila decipiens*) e outra da Cymodoceaceae (*Halodule wrightii*), estas duas somadas contribuíram com 2% do total de espécies identificadas (Figura 27).

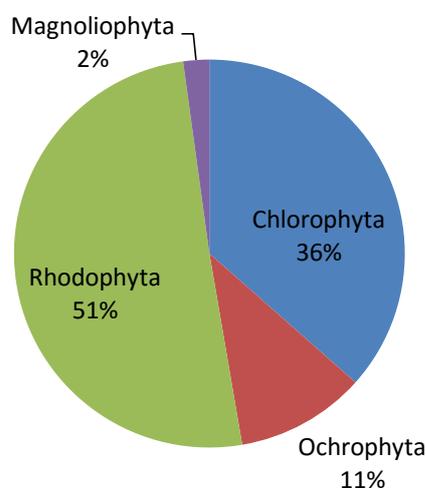


Figura 27: Representatividade dos táxons das macrófitas aquáticas nos Rios Tubarão e Casqueira, Macau, Rio Grande do Norte.

Apresenta-se abaixo a lista dos táxons identificados, onde as espécies marcadas com (*) representam novos registros para o estado do Rio Grande do Norte, (**) são novas citações para o Nordeste brasileiro, (***) como novo registro para o Brasil e (♠) são consideradas espécies novas para a ciência:

FILO CHLOROPHYTA

Ordem Bryopsidales

Família Bryopsidaceae

Bryopsis pennata J. V. Lamouroux

Bryopsis plumosa (Hudson) C. Agardh

Bryopsis corymbosa J. Agardh **

Família Caulerpaceae

Caulerpa cupressoides (West) C. Agardh

Caulerpa cupressoides var *lycopodium* f. *lycopodium* Weber Van-Bosse

Caulerpa sertularioides (S. G. Gmelin) M. A Howe

Caulerpa mexicana Sonder ex Kützing.

Caulerpa plorifera (Forsskål) J. V. Lamouroux

Caulerpa racemosa var *lamourouxii* (Turner) Weber Van-Bosse **

Caulerpa racemosa var *occidentalis* (J. Agardh) Børgesen

Caulerpa verticillata J. Agardh

Família Udoteaceae

Boodleopsis pusilla (F. S. Collins) W. R Taylor, A. B. Joly & Bernatowicz

Ordem Cladophorales

Família Cladophoraceae

Cladophora prolifera (Roth) Kützing

Cladophora vagabunda (L.) Hoek

Chaetomorpha aerea (Dillwin) Kützing

Chaetomorpha clavata Kützing *

Chaetomorpha minima F. S. Collins & Hervey *

Rhizoclonium africanum Kützing *

Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey

Ordem Dasycladales

Família Polyphysaceae

Acetabularia calyculus J. V. Lamouroux in Quoy & Gaimard *

Acetabularia crenulata J. V. Lamouroux

Ordem Siphonocladales

Família Boodleaceae

Cladophoropsis membranacea (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen.

Ordem Ulvales

Família Ulvaceae

Blidingia minima (Nägeli ex Kützlin.) Kylin *

Ulva sp.

Ulva clathrata (Roth) C. Agardh

Ulva compressa Forsskål

Ulva fasciata Delile

Ulva flexuosa subs. *flexuosa* Wulfen

Ulva intestinalis L.

Ulva lactuca L.

Ulva muscoides Clemente

Ulva reticulata Forsskål ***

Ordem Ulotrichales

Família Gomontiaceae

Monostroma sp.

FILO OCHROPHYTA (CLASSE PHAEOPHYCEAE)

Ordem Dictyotales

Família Dictyotaceae

Dictyota bartayresiana J. V. Lamouroux

Dictyota cervicornis f. *cervicornis* Kützing

Dictyota ciliolata J. Agardh

Dictyota mertensii (Martius) Kützing

Dictyota menstrualis (Hoyt) Schnetter, Hörnig & Weber-Peukert

Dictyota pulchella Hörnig & Schnetter

Dictyopteris delicatula J. V. Lamouroux

Lobophora variegata (J.V. Lamouroux) Womersley ex E.C. Oliveira

Spatoglossum schroederi (C. Agardh) Kützing

Ordem Ectocarpales

Família Ectocarpaceae

Ectocarpus variabilis Vickers

FILO RHODOPHYTA

Classe Bangyophyceae

Ordem Bangiales

Família Bangiaceae

Bangia atropurpurea (Roth) C. Agardh *

Classe Compsopogonophyceae

Ordem Erythropeltidales

Família Erythotrichiaceae

Erythotrichia carnea (Dillwyn) J. Agardh *

Classe Stylonematophyceae

Ordem Stylonematales

Família Stylonemataceae

Stylonema alsidii (Zanardini) K. M. Drew *

Classe Florideophyceae

Ordem Gracilariales

Família Gracilariaceae

Gracilaria sp.

Gracilaria cearensis (A. B. Joly & Pinheiro) A. B. Joly & Pinheiro *

Gracilaria cervicornis (Turner) J. Agardh

Gracilaria cuneata Areschoug

Gracilaria domigensis (Kützing) Sonder ex Dickie

Gracilaria mammillaris (Montagne) M. A. Howe

Glacilariopsis lemaneiformis (Bory de Saint-Vicent) E. Y. Dawson, Acleto & Foldvik

Hydropuntia caudata (J. Agardh) Gurgel & Fredericq

Ordem Ceramiales

Family Bonnemaisoniaceae

Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevisan de Saint-Léon

Família Callithamniaceae

Calithamnion sp.

Família Ceramiaceae

Ceramium brasiliense A. B. Joly

Ceramium brevizonatum H. E. Petersen

Ceramium tenerrimum (G. Martens) Okamura

Gayliella flaccida (Harvey ex Kützing) T. O. Cho & L. J. McIvor

Família Delesseriaceae

Caloglossa leprieurii (Montagne) G. Martens

Família Rhodomelaceae

Acanthophora spicifera (M. Vahl) Børgesen

Bostrychia calliptera (Montagne) Montagne

Bostrychia montagnei Harvey

Bostrychia radicans (Montagne) Montagne

Bostrychia scorpiodes (Hudson) Montagne

Bostrychia tenella (J. V. Lamouroux) J. Agardh

Bryothamnion seafortii (Turnar) Kützing

Bryothamnion triquetrum (S. G. Gemlin) M. A. Howe

Chondria sp.

Chondria arcuata Hollenberg **

Chondria sedifolia Harvey

Neosiphonia gorgoniae (Harvey) S. M. Guimarães & M. T. Fujii

Polysiphonia subtilissima Montagne

Protokuetzingia schottii W. R. Taylor

Família Spyridiaceae

Spyridia filamentosa (Wulfen) Harvey

Ordem Gigartinales

Família Caulacanthaceae

Catenella caespitosa (Withering) L. M. Irvine

Família Cistocloniaceae

Hypnea cervicornis J. Agardh

Hypnea musciformis (Wulfen) J. V. Lamouroux

Hypnea spinella (C. Agardh) Kützing

Família Solieriaceae

Solieria filiformis (Kützing) P. W. Gabrielson

Ordem Halymeniales

Família Halymeniaceae

Cryptonemia crenulata (J. Agardh) J. Agardh

Cryptonemia delicatula Joly & Cordeiro

Cryptonemia seminervis (C. Agardh) J. Agardh

Halymenia sp1. **

Halymenia sp2. **

Ordem Rhodymeniales

Família Champiaceae

Champia feldmannii Díaz-Piferrer

Família Rhodymeniaceae

Botryocladia occidentalis (Børgesen) Kylin

Chrysymenia enteromorpha Harvey *

Coelarthrum sp. ♠

Ordem Sebdeniales

Família Sebdeniaceae

Sebdenia flabellata (J. Agardh) P. G. Parkinson

FILO MAGNOLIOPHYTA

Ordem Hydrocharitales

Família Hydrocharitaceae

Halophila decipiens Ostefeld

Ordem Potamogetonales

Família Cymodoceaceae

Halodule wrightii Ascherson

2.3.1.2 Composição Florística

Dos 93 táxons analisados 9 representam novos registros para os estado do Rio Grande do Norte e seis representam novos registros para o Nordeste do Brasil. A espécie *Ulva reticulata* é um novo registro de “ulvas folhosas” para o Brasil, embora sua ocorrência seja seriamente discutida por muitos autores por considerarem uma espécie invasora advinda do Oceano Índico e que teve seus primeiros registros na América do Sul, para o Chile (ARANA, 1979) e Venezuela (PÉREZ et al., 2007).

Halymenia sp1. e *Halymenia* sp2. podem representar novos registros para o Nordeste, porém é necessário uma melhor análise para que se admita a identificação do epíteto específico uma vez que as características diagnósticas para as plantas tornou-se confusa por não corroborar com as espécies identificadas para o Nordeste.

Três espécies estão sendo propostas como novas para a ciência: *Ulva* sp., *Chondria* sp. e *Coelarthrum* sp. As espécies do gênero *Ulva* e *Chondria* requerem estudos mais detalhados como, por exemplo, análise molecular, por se tratar de algas com grupos complexos. A espécie do gênero *Coelarthrum* é considerada nova para a ciência.

Para os manguezais dos rios Casqueira e Tubarão, a família Rhodomelaceae foi a que obteve a maior frequência em número de representantes, com oito e 11 espécies, respectivamente, perfazendo um total de 14 espécies (15,05%) para as duas áreas. Porém, esta dominância apresenta-se de forma diferente entre os dois rios, sendo a família Caulerpaceae (7 spp.) é predominante na Casqueira, e a família Ulvaceae (10 spp.) predominante no Tubarão (Figura 28). As figuras 29 a 38 ilustram algumas das espécies mencionadas como novos registros em diferentes abrangências.

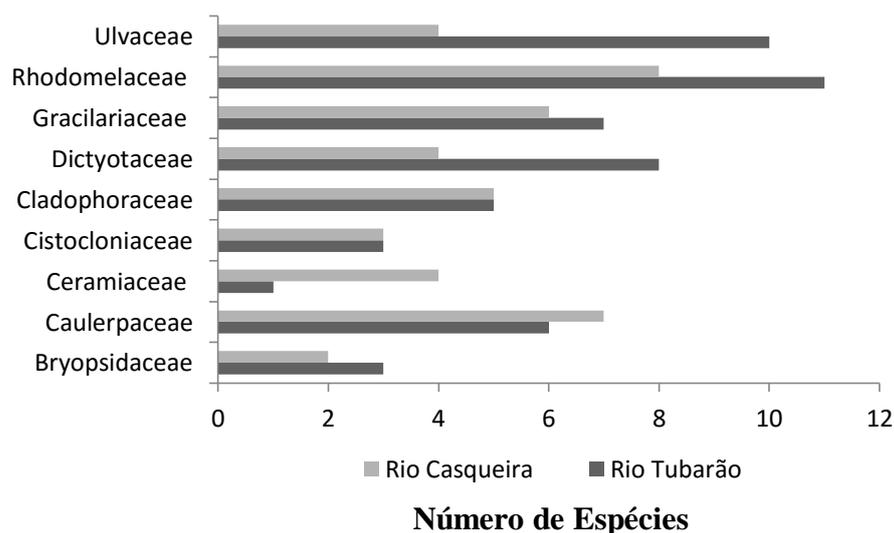
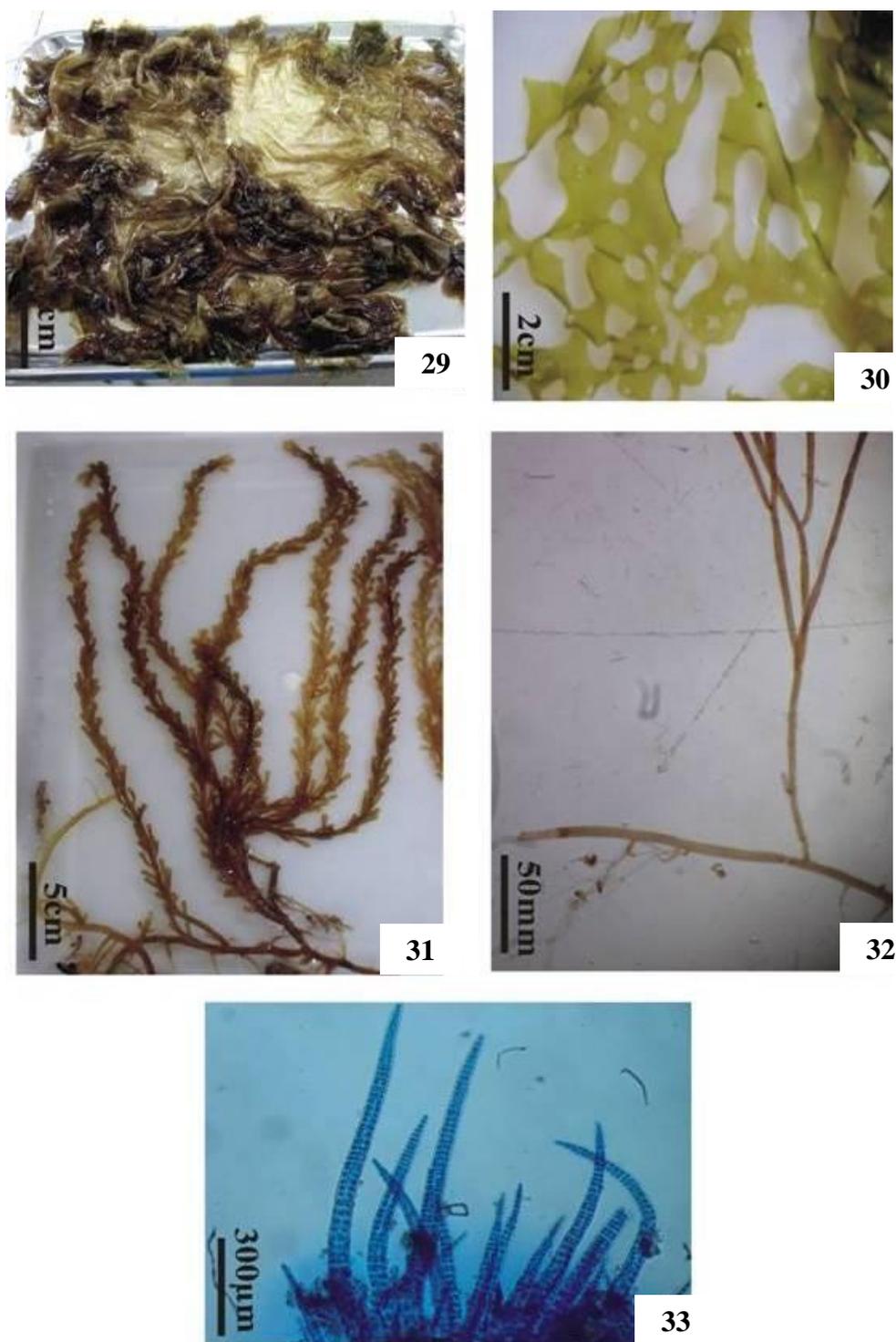
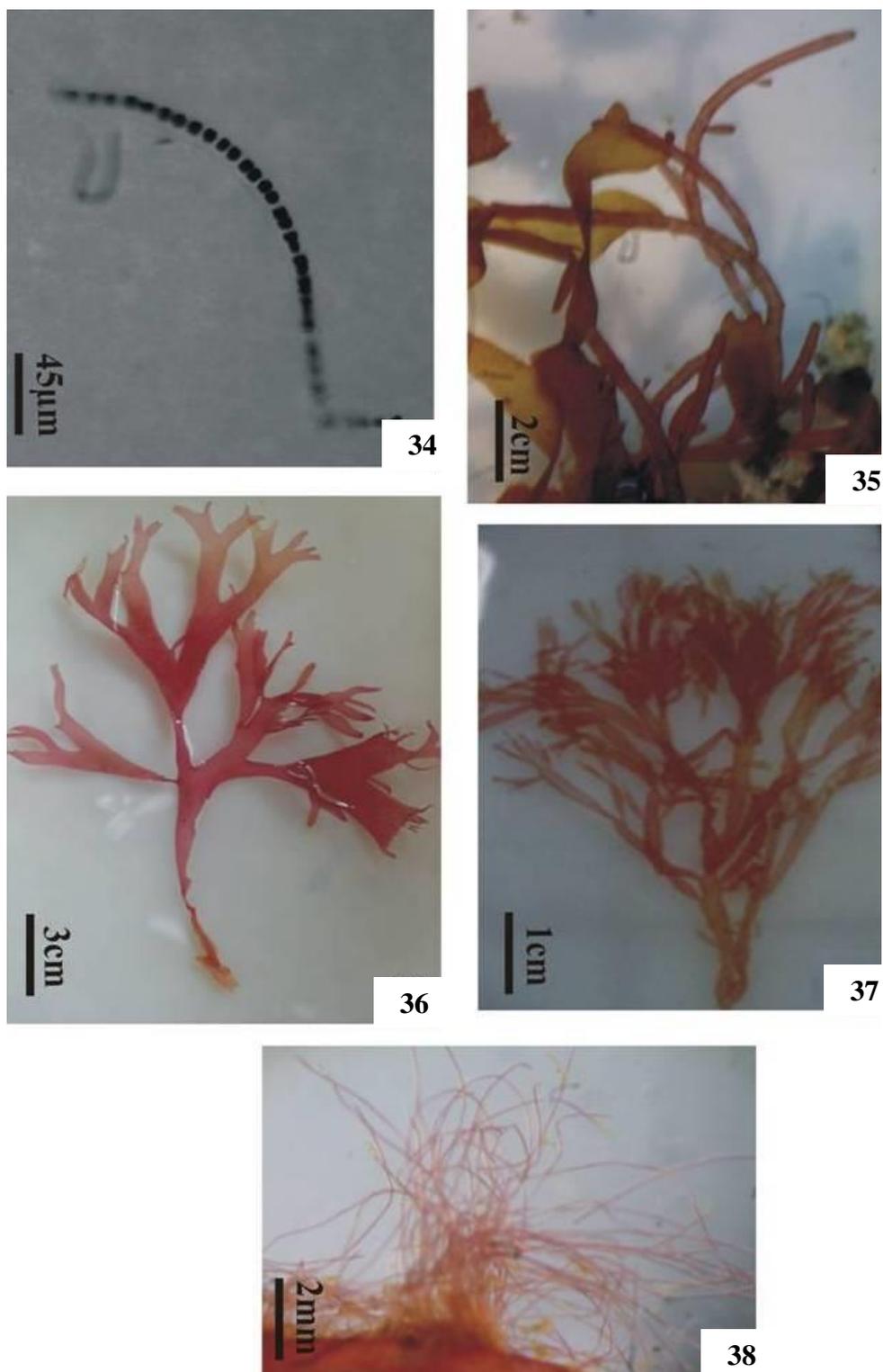


Figura 28: Distribuição do número de espécies macroalgais encontradas entre as famílias mais representativas nos Rios Tubarão e Casqueira, Macau, Rio Grande do Norte.



Figuras 29-33 (Divisão Chlorophyta): 29) *Ulva* sp., aspecto geral do talo. Este táxon pode alcançar mais de 30cm em comprimento da lâmina foliar; 30) *Ulva reticulata* Forsskål, detalhe da lâmina foliar perfurada com aspecto de rede; 31) *Caulerpa racemosa* var. *lamourouxii* (Turner) Weber Van-Bosse, aspecto geral do talo; 32) *Bryopsis corymbosa* J. Agardh, aspecto geral do talo com ramificação irregular ou, raramente, radial; 33) *Blidingia minima* (Nägeli ex Kützlin.) Kylin, aspecto geral do talo. Fotos: Leidson Allan F. Lucena.



Figuras 34 a 38 (Divisão Rhodophyta): **34)** *Erythrotrichia carnea* (Dillwyn) J. Agardh, detalhe do talo com ausência de ramificação; **35)** *Chondria arcuata* Hollenberg, aspecto geral do talo, com ramificação esparsa. **36)** *Gracilaria cearensis* (A. B. Joly & Pinheiro) A. B. Joly & Pinheiro, aspecto geral do talo achatado, com detalhe para ramificações dicotômicas no ápice; **37)** *Coelarthrum* sp., aspecto geral do talo totalmente vesiculoso; **38)** *Bangia artropurpurea* (Roth) C. Agardh, aspecto geral da alga. Fotos: Leidson Allan F. Lucena.

2.3.2 Similaridade Ficoflorística

Para os dois ambientes hipersalinos estudados, os padrões de riqueza encontrados, quando comparados com base na presença/ausência de espécies com as outras áreas de manguezais e de ambientes marinhos do Brasil, revelaram uma estrutura de comunidades de macroalgas diversa e atípica daquela esperada por um ambiente de manguezal típico.

Os manguezais dos rios Casqueira e Tubarão apresentaram composição específica distinta, com os índices de Jaccard convergindo apenas 58% (Tabela 10). Dentre os fatores analisados, o teste de ANOSIM mostrou diferenças quanto a frequência por tipo de habitat, porém os dois rios agruparam-se a Zona Tropical o que é esperado para regiões marinhas do Nordeste. Entretanto, por se tratar de manguezais, as duas áreas estudadas juntamente com o manguezal do Rio Ceará, diferiram totalmente de manguezais típicos (Positivos) ($R= 1; p=0,003$).

Dentre as análises de agrupamento do vizinho mais próximo e entre as espécies, dois principais fatores foram definidos: as Zonas Biogeográficas e Frequência por Tipo de Habitat. Através do cluster de similaridade, a comparação dos trabalhos levantados mais o presente estudo, podem ser observados a formação de dois grandes grupos: G1 e G2. O grupo G1 é dominado especificamente, por Manguezais Positivos, enquanto o G2 é composto pelas áreas marinhas do Brasil, que variam desde as Zonas Tropical, Temperada-Quente, Transição e Ilhas Oceânicas, mais os Manguezais Hipersalinos (Figura 39).

Nas Zonas Biogeográficas, a ordenação do nMDS formou seis grupos, sendo: 1) Manguezais Positivos, 2) Manguezais Hipersalinos, 3) Zona Tropical, 4) Zona Transição, 5) Zona Temperada-Quente e 6) Ilhas Oceânicas (Figura 40). No entanto, a ANOSIM não mostrou diferenças apenas entre o grupo formado pelos Manguezais Hipersalinos e da Zona Tropical ($R=0,22; p=0,16$), mostrando que estas áreas de manguezais fazem parte da constituição desta zona. As outras áreas apresentaram diferenças. As análises demonstraram que o grupo formado pelos Manguezais Positivos apresentaram o caráter homogêneo da composição específica destes ambientes, dominados exclusivamente pelo grupo “Bostrychietum”. Isto corrobora com premissas de que as espécies de macroalgas presentes são adaptadas as fortes variações abióticas sofridas nestas áreas, ver Tabela 8.

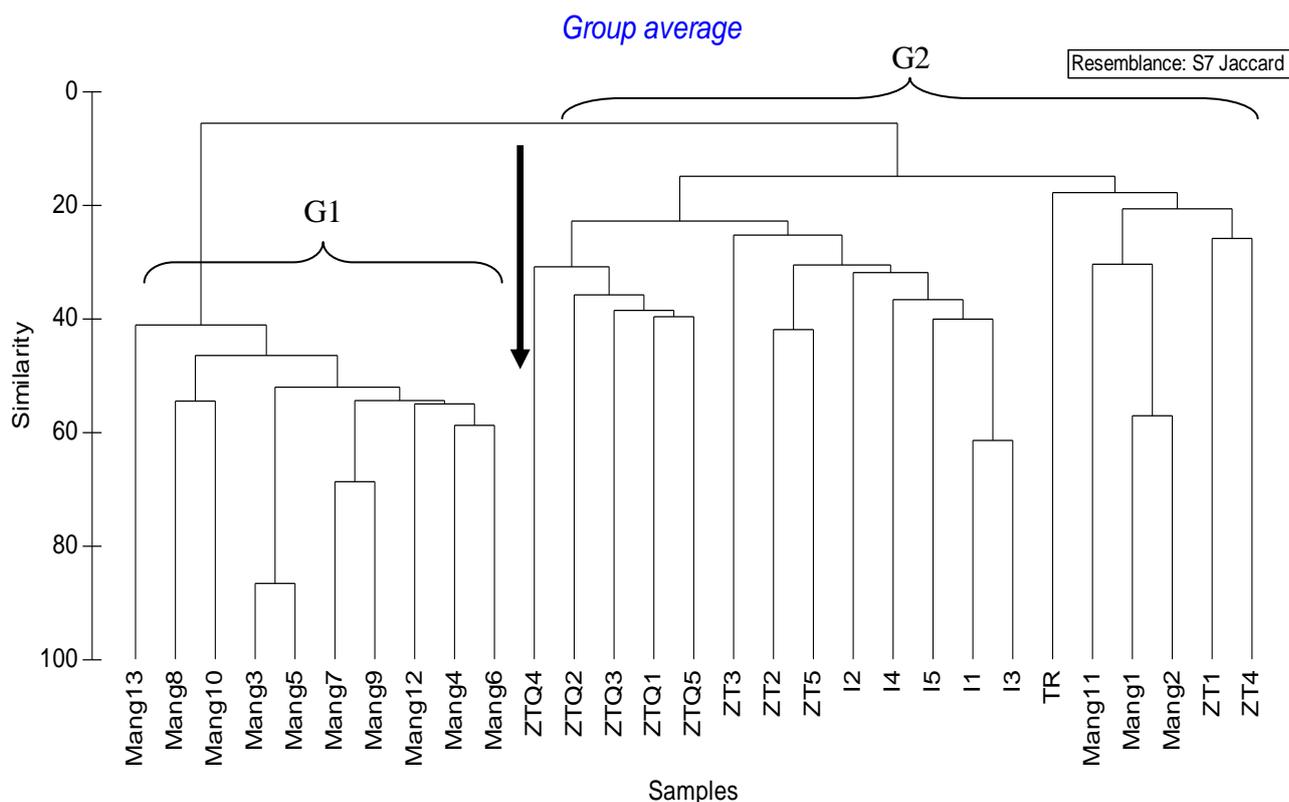


Figura 39: Similaridade ficoflorística de Jaccard (presença/ausência) entre as áreas de estudo e áreas manguezais e marinhas do Brasil. Siglas: Mang – Manguezal; ZTQ – Zona Temperada-Quente; ZT – Zona Tropical; TR – Zona de Transição; I – Ilha Oceânica. **Mang:** 1 – Rio Casqueira (RN); 2 – Rio Tubarão (RN); 3 – Península de Ajaruteua (PA); 4 – Parna-Açu e Tauá-Mirim (MA); 5 – Baía de Turiaçu (MA); 6 – Vila Velha (PE); 7 – Suape (PE); 8 – Coroa Grande (RJ); 9 - Ilha do Cardoso (SP); 10 - Parque Serra do Mar (SP); 11 – Rio Ceará (CE); 12 – Itacorubi (SC); 13 – Baía de Babitonga (SC). **ZTQ:** 1 – Reserva Biológica da Praia do Sul (RJ); 2 – Baía de Sepetiba (RJ); 3 – Baía da Ilha Grande (SP); 4 – Parque Serra do Mar (SP); 5 – Baías da Ilha de Santa Catarina (SC). **TR:** Praia de Jacaraípe (ES). **ZT:** 1 – Baía de Todos os Santos; 2 – Praia de Boa Viagem (PE); 3 – Praia de Pitimbú (PB); 4 – Barra de Mamanguape (PB); 5 – Recife de Maracajaú (RN). **I:** 1 – Fernando de Noronha (1) (PE); 2 – Fernando de Noronha (2) (PE); 3 – Atol das Rocas (RN); 4 – Complexo Insular Trindade e Martin Vaz (ES); 5 – Complexo de Abrolhos e Arredores (BA).

Na ordenação do nMDS (Figura 41) que distingue os padrões de distribuição de espécies na faixa por tipos de habitats, evidenciou-se uma composição ficoflorística peculiar com a formação de sete grupos distintos, similaridade mínima adotada de 30%, formado por áreas de: 1) Manguezais Positivos, 2) Costões Rochosos, 3) Espírito Santo, 4) Recife Arenítico, 5) Recife Coralíneo, 6) Ilhas Oceânicas e 7) Manguezais Hipersalinos.

Na ANOSIM, os Manguezais Positivos, Costões Rochosos e as Ilhas Oceânicas ($R=1$; $p>0,01$), apresentaram diferenças significativas entre os Manguezais Hipersalinos, Recifes Areníticos e Coralíneos ($R=0,97$; $p=0,1$). O habitat do Espírito Santo não apresentou diferenças significativas com nenhum grupo formado ($R=1$;

$p=0,18$) o que mostra o caráter de Transição da região do Espírito Santo, uma vez que comporta espécies de ambas as áreas levantadas. O padrão encontrado mostra a grande variabilidade de habitats gerados pela Zona Tropical e padrão homogêneo entre as áreas de costão rochoso (Zona Temperada-Quente) e Manguezal Positivo. Os Manguezais Hipersalinos não apresentaram diferenças significativas entre os recifes, mas uma relação muito forte entre estas áreas ($R=0,95$; $p=0,1$). Assim, pode-se levar em consideração que o alto número de espécies marinhas, nos manguezais hipersalinos, é de áreas recifais. Para os casos citados acima ver Tabela 9.

Zonas	R e p	R e p Global
Hipersalino x Positivo	1; >0,001**	
Hipersalino x Zona Tropical	0,22; =0,16ns	
Hipersalino x Zona Temperada-Quente	1; >0,01*	
Hipersalino x Zona Transição	1; =0,25ns	
Hipersalino x Ilha	1; >0,01*	
Positivo x Zona Tropical	0,99; <0,001**	
Positivo x Zona Temperada-Quente	1; <0,001**	0,92;
Positivo x Zona Transição	1; >0,09ns	<0,001**
Positivo x Ilha	1; >0,001**	
Zona Tropical x Zona Temperada-Quente	0,43; >0,001**	
Zona Tropical x Zona Transição	-0,08; =0,83ns	
Zona Tropical x Ilha	0,30; >0,001**	
Zona Temperada-Quente x Zona Transição	1; =0,16ns	
Zona Temperada-Quente x Ilha	0,92; >0,001**	
Zona Transição x Ilha	1; =0,16ns	

Tabela 8: Análise de ANOSIM entre fatores das Zonas Biogeográficas (Tropical, Temperada-Quente e Transição) entre os Manguezais Positivos e Hipersalinos, mostrando as principais diferenças para cada comparação de fator. ns – dados não significativos; * - dados significativos; ** - dados muito significativos.

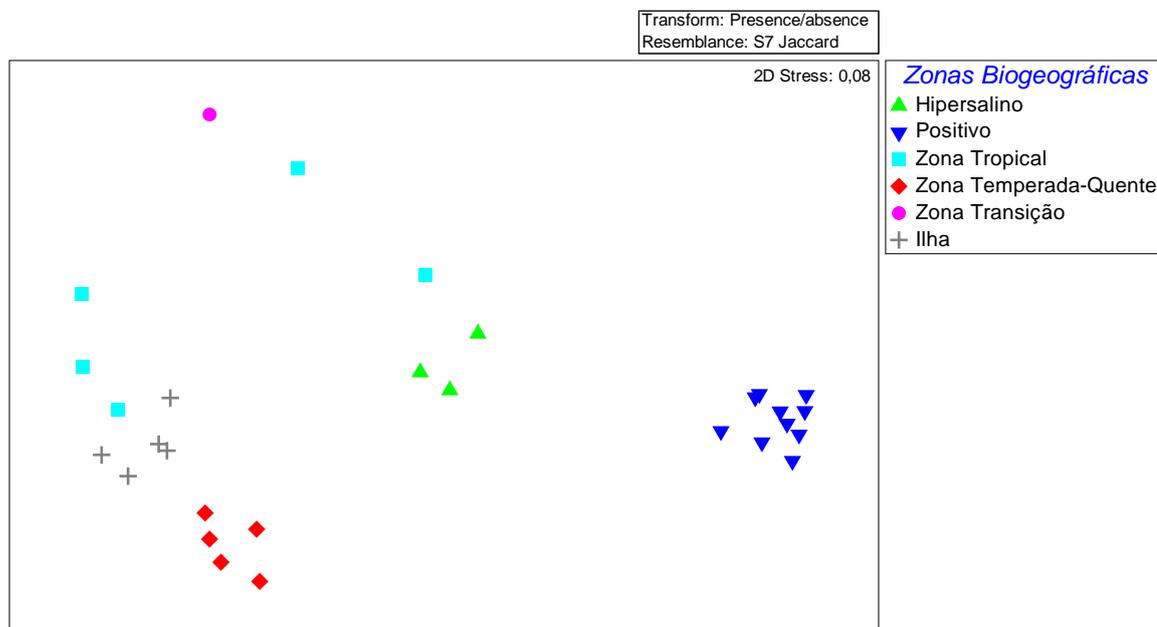


Figura 40: Ordenação nMDS 2D (Escalonamento Multidimensional Não-Métrico) com o índice de Jaccard entre as Zonas Biogeográficas (Tropical, Temperada-Quente e de Transição) e os Manguezais (Positivo e Hipersalino), evidenciando a formação dos principais grupos de similaridade. $R=0,92$; $p<0,001$.

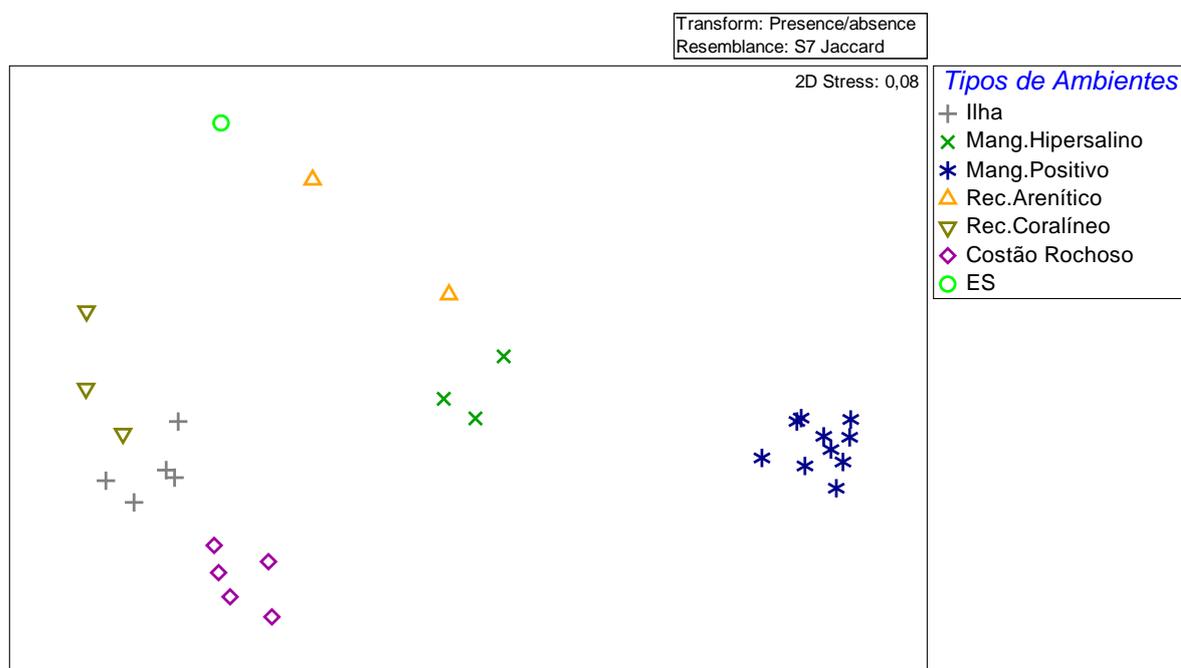


Figura 41: Ordenação nMDS 2D (Escalonamento Multidimensional Não-Métrico) com o índice de Jaccard por frequência de Tipo de Habitat (Manguezal Hipersalino e Positivo, Recife Coralíneo e Arenítico, Costão Rochoso, Espírito Santo e Ilha Oceânica), evidenciando a formação dos principais grupos de similaridade. $R=0,98$; $p<0,001$.

Tipos de Habitats	R e p	R e p Global
Mang.Hipersalino x Mang.Positivo	1; >0,001**	
Mang.Hipersalino x Rec.Arenítico	0,91; =0,1ns	
Mang.Hipersalino x Rec.Coralíneo	1; =0,1ns	
Mang.Hipersalino x Costão Rochoso	1; >0,01*	
Mang.Hipersalino x ES	1; =0,25ns	
Mang.Hipersalino x Ilha	1; >0,01*	
Mang.Positivo x Rec.Arenítico	1; >0,01*	
Mang.Positivo x Rec.Coralíneo	1; >0,001**	
Mang.Positivo x Costão Rochoso	1; <0,001**	
Mang.Positivo x ES	1; =0,09ns	
Mang.Positivo x Ilha	1; <0,001**	0,98; <0,001**
Rec.Arenítico x Rec.Coralíneo	1; =0,1ns	
Rec.Arenítico x Costão Rochoso	1; <0,05*	
Rec.Arenítico x ES	1; =0,33ns	
Rec.Arenítico x Ilha	1; <0,05*	
Rec.Coralíneo x Costão Rochoso	0,90; >0,01*	
Rec.Coralíneo x ES	1; =0,25ns	
Rec.Coralíneo x Ilha	0,63; >0,01*	
Costão Rochoso x ES	1; =0,16ns	
Costão Rochoso x Ilha	0,92; >0,001**	
ES, Ilha	1; =0,16ns	

Tabela 9: Análise de ANOSIM entre fatores por frequência por Tipo de Habitat (Manguezal Hipersalino e Positivo, Recife Coraíneo e Arenítico, Costão Rochoso, Espírito Santo e Ilha Oceânica), mostrando as principais diferenças para cada comparação de fator. ns – dados não significativos; * - dados significativos; ** - dados muito significativos.

Tabela 10: Listas de espécies de macrófitas aquáticas coletadas para os dois manguezais estudados, Rio Casqueira e Rio Tubarão, apresentando distribuição binária (presença/ausência) das espécies macroalgais para os dois Rios estudados, bem como de seus habitats tipicamente Marinho/Oceânico Típico (Mar.) e Manguezal (Mang.).

Espécies	Rio Casqueira		Rio Tubarão	
	Mar.	Mang.	Mar.	Mang.
Divisão Chlorophyta				
<i>Acetabularia calyculus</i>	X	-	-	-
<i>Acetabularia crenulata</i>	X	-	X	-
<i>Blidingia minima</i>	-	-	X	X
<i>Boodleopsis pusilla</i>	-	X	-	X
<i>Bryopsis pennata</i>	X	-	X	-
<i>Bryopsis plumosa</i>	X	-	-	-
<i>Bryopsis corymbosa</i>	-	-	X	-
<i>Caulerpa cupressoides</i>	X	-	X	-
<i>Caulerpa cupressoides var lycopodium f. lycopodium</i>	-	-	X	-
<i>Caulerpa sertulariodes</i>	X	-	X	-

<i>Caulerpa mexicana</i>	X	-	X	-
<i>Caulerpa plorifera</i>	X	-	X	-
<i>Caulerpa racemosa var lamourouxii</i>	X	-	-	-
<i>Caulerpa racemosa var occidentalis</i>	X	-	-	-
<i>Caulerpa verticillata</i>	X	-	-	-
<i>Chaetomorpha aerea</i>	X	X	X	X
<i>Chaetomorpha clavata</i>	-	-	-	X
<i>Chaetomorpha minima</i>	-	-	-	X
<i>Cladophora prolifera</i>	-	-	X	X
<i>Cladophora vagabunda</i>	X	-	X	-
<i>Cladophoropsis membranacea</i>	-	X	-	X
<i>Monostroma sp.</i>	-	-	-	X
<i>Rhizoclonium africanum</i>	-	X	-	X
<i>Rhizoclonium riparium</i>	-	X	-	X
<i>Ulva sp.</i>	-	-	X	-
<i>Ulva clathrata</i>	-	X	-	X
<i>Ulva compressa</i>	-	X	-	X
<i>Ulva fasciata</i>	X	-	X	-
<i>Ulva flexuosa subs. flexuosa</i>	X	X	X	X
<i>Ulva intestinalis</i>	-	X	-	X
<i>Ulva lactuca</i>	X	X	X	X
<i>Ulva muscoides</i>	-	X	-	X
<i>Ulva reticulata</i>	-	-	X	-
Divisão Ochrophyta (Classe Phaeophyceae)				
<i>Dictyota bartayresiana</i>	-	-	X	-
<i>Dictyota cervicornis f. cervicornis</i>	X	-	X	-
<i>Dictyota ciliolata</i>	X	-	X	-
<i>Dictyota mertensii</i>	X	-	X	-
<i>Dictyota menstrualis</i>	-	-	X	-
<i>Dictyota pulchella</i>	-	-	X	-
<i>Dictyopteris delicatula</i>	-	-	X	-
<i>Ectocarpus variabilis</i>	X	-	-	-
<i>Lobophora variegata</i>	-	-	X	-
<i>Spatoglossum schroederi</i>	-	-	X	-
Divisão Rhodophyta				
<i>Acanthophora spicifera</i>	X	-	X	-
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	-	-	X	-
<i>Bangia atropurpurea</i>	X	-	X	-
<i>Bostrychia calliptera</i>	-	X	-	X
<i>Bostrychia montagnei</i>	-	X	-	X
<i>Bostrychia radicans</i>	-	X	-	X
<i>Bostrychia scorpiodes</i>	-	X	-	X
<i>Bostrychia tenella</i>	-	X	-	X
<i>Botryocladia occidentalis</i>	-	-	X	-
<i>Bryothamnion seafortii</i>	X	-	X	-
<i>Bryothamnion triquetrum</i>	-	-	X	-
<i>Calithamnion sp.</i>	X	-	X	-
<i>Caloglossa leprieurii</i>	-	X	-	X
<i>Catenella caespitosa</i>	-	X	-	X
<i>Ceramium brasiliense</i>	X	-	X	-

<i>Ceramium brevizonatum</i>	X	-	-	-
<i>Ceramium tenerrimum</i>	-	-	X	-
<i>Champia feldmannii</i>	X	-	-	-
<i>Chondria</i> sp.	X	-	-	-
<i>Chondria arcuata</i>	-	-	X	-
<i>Chondria sedifolia</i>	X	-	-	-
<i>Chrysiomenia enteromorpha</i>	-	-	X	-
<i>Coelarthrum</i> sp.	X	-	-	-
<i>Cryptonemia crenulata</i>	-	-	X	-
<i>Cryptonemia delicatula</i>	-	-	X	-
<i>Cryptonemia seminervis</i>	-	-	X	-
<i>Erythrotrichia carnea</i>	X	-	X	-
<i>Gayliella flaccida</i>	X	-	X	-
<i>Gracilaria</i> sp.	X	-	X	-
<i>Gracilaria cearensis</i>	-	-	X	-
<i>Gracilaria cervicornis</i>	X	-	X	-
<i>Gracilaria cuneata</i>	X	-	X	-
<i>Gracilaria domigensis</i>	X	-	X	-
<i>Gracilaria mammillaris</i>	-	-	X	-
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	-	-	X	-
<i>Halymenia</i> sp.1	X	-	-	-
<i>Halymenia</i> sp.2	X	-	-	-
<i>Hydropuntia caudata</i>	X	-	X	-
<i>Hypnea cervicornis</i>	X	-	X	-
<i>Hypnea musciformis</i>	X	-	X	-
<i>Hypnea spinella</i>	X	-	X	-
<i>Neosiphonia gorgoniae</i>	X	-	X	-
<i>Polysiphonia subtilissima</i>	X	X	X	X
<i>Protokuetzingia schottii</i>	-	-	X	-
<i>Sebdenia flabellata</i>	-	-	X	-
<i>Solieria filiformis</i>	X	-	X	-
<i>Spyridia filamentosa</i>	-	-	X	-
<i>Stylonema alsidii</i>	X	-	X	-
Filo Magnoliophyta				
<i>Halophila decipiens</i>	X	-	X	-
<i>Halodule wrightii</i>	X	-	X	-

2.3.3 Aspectos Ficogeográficos

Os índices de Feldman (F) e Cheney (C) encontrados para os dois manguezais foram consideravelmente altos, sendo 5,8 e 9,9, respectivamente, caracterizando-os como parte da província da Zona Tropical, assim proposto por Horta et al. (2001). Quando comparadas separadamente, o manguezal do Rio Casqueira apresentou F=7 e C=13, enquanto o manguezal do Rio Tubarão gerou F=4,6 e C=7,7. Estes altos valores observados são indicativos do quanto os Filos Rhodophyta e Chlorophyta estão bem

representadas para os ambientes estudados. Entretanto, como são ambientes com padrões de manguezais torna-se curioso a aplicação destes índices para tais ambientes, uma vez que estes são normalmente utilizados para áreas com grande representatividade de espécies macrofitobentônicas como, por exemplo, recifes e costões rochosos.

Com o levantamento das listas de espécies analisadas tem-se uma comparação para os índices, em que os Manguezais Positivos obtiveram valores iguais a zero para os dois indicadores, pois o Filo Ochrophyta não é representada. Diferentemente, as áreas marinhas típicas do Nordeste e Espírito Santo (Zona Tropical e Transição) alcançaram valores superiores a quatro, enquanto as áreas Sudeste e Sul (Zona Temperada-Quente) e das Ilhas Oceânicas obtiveram valores inferiores, como representado na Figura 42. As Ilhas Oceânicas com valores menores de quatro foi um resultado inesperado, indicando que a Divisão Rhodophyta e Chlorophyta estão sub-representadas nessas áreas (Tabela 11).

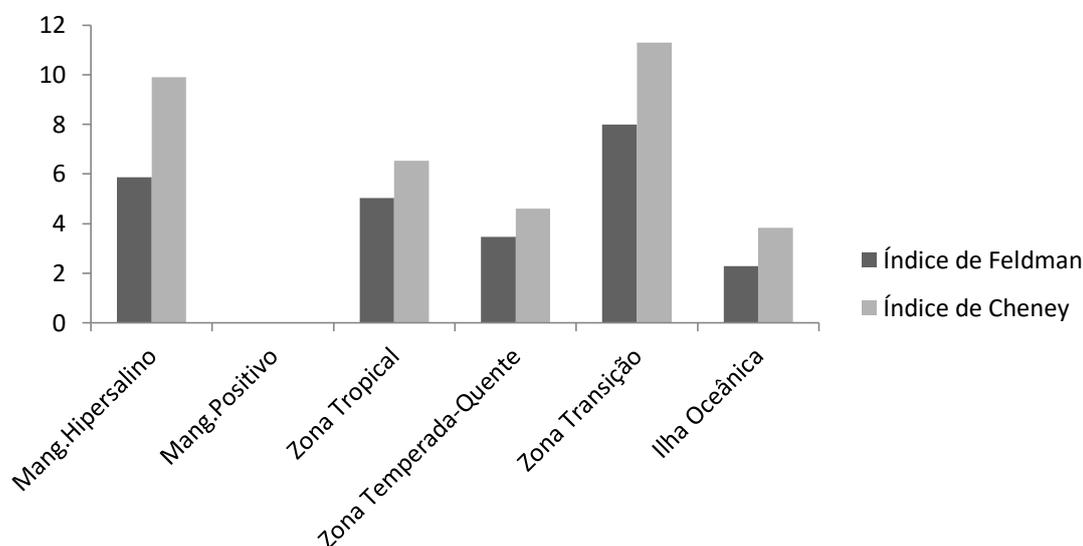


Figura 42: Índices de Feldman e Cheney para as zonas biogeográficas e manguezais amostrados.

A Figura 43 apresenta o número de espécies acumuladas para cada Filo macroalgal por área amostrada. Nota-se que há uma distinção clara no padrão de distribuição, onde se percebe uma semelhança na composição dos manguezais analisados. Contudo, existe uma variação nas áreas marinhas em relação aos manguezais hipersalinos em estudo.

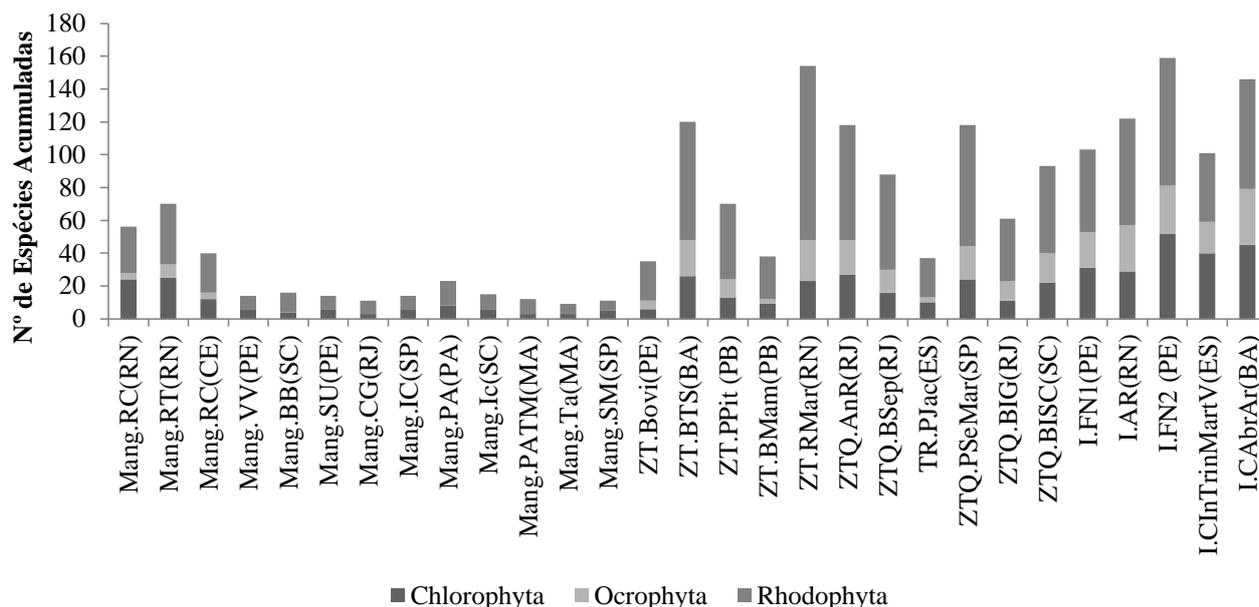


Figura 43: Número de espécies macroalgais encontradas por Divisão para cada área amostral. **Manguezais:** Mang.RC(RN) – Rio Casqueira (RN); Mang.RT(RN) – Rio Tubarão (RN); Mang.RC(CE) – Rio Ceará (CE); Mang.VV(PE) – Vila Velha (PE); Mang.BB(SC) – Baía de Babitonga; Mang.SU(PE) – Suape (PE); Mang.CG(RJ) – Coroa Grande (RJ); Mang.IC(SP) – Ilha do Cardoso (SP); Mang.PA(PA) – Península de Ajaruteua (PA); Mang.Ic(SC) – Itacorubi (SC); Mang.PATM(MA) – Parna-Açú e Tauá-Mirim (MA); Mang.Ta(MA) – Baía de Turiaçu; Mang.SM(SP) – Parque Serra do Mar (SP). **Zona Tropical:** ZT.Bovi(PE) – Praia de Boa Viagem (PE); ZT.BTS(BA) – Baía de Todos os Santos (BA); ZT.PPit(PB) – Praia de Pitimbú; ZT.BMam(PB) – Barra de Mamanguape (PB); ZT.RMar(RN) – Recife de Maracajaú (RN). **Zona Temperada-Quente:** ZTQ.AnR(RJ) – Reserva Biológica da Praia Sul (RJ); ZTQ.BSep(RJ) – Baía de Sepetiba (RJ); ZTQ.BIG(RJ) – Baía da Ilha Grande; ZTQ.BISC(SC) – Baías da Ilha de Santa Catarina (SC). **Zona de Transição:** TR.PJac(ES) – Praia de Jacaraípe (ES). **Ilha Oceânica:** I.FN1(PE) – Fernando de Noronha 1; I.FN2 – Fernando de Noronha 2; I.AR(RN) – Atol das Rocas (RN); I.CInTrinMartV(ES) – Complexo Insular Trindade e Martin Vaz (ES); I.CAbrAr(BA) – Complexo de Abrolhos e Arredores (BA).

2.3.4 Relação dos Fatores Abióticos com os Manguezais Hipersalinos x Positivos

Com base nos testes de regressão não-linear utilizados, a melhor resolução encontrada foi com base em uma regressão potencial, em que a variável resposta que apresentou maior afinidade com a riqueza dos manguezais foi a Precipitação Anual Média ($R^2=0,86$; $p<0,001$), observando uma disposição da queda do número de espécies com a elevada precipitação. A salinidade, por meio do teste de correlação de Spearman, apresentou uma relação negativa quanto à precipitação ($R^2=-0,78$; $p<0,001$). Podemos deduzir que a baixa riqueza encontrada aos manguezais associados a estuários positivos, sendo estes ambientes colonizados apenas por espécies macroalgais (Grupo “Bostrychietum”), ocorre devido à forte variação desses fatores.

Áreas	Índice de Feldman	Índice de Cheney
MANGUEZAIS		
Rio Casqueira (RN)	7	13
Rio Tubarão (RN)	4,6	7,7
Rio Ceará (CE)	6	9
Península de Ajaruteua (PA)	0	0
Parna-Açu e Tauá-Mirim (MA)	0	0
Baía de Turiaçu (MA)	0	0
Vila Velha (PE)	0	0
Suape (PE)	0	0
Coroa Grande (RJ)	0	0
Ilha do Cardoso (SP)	0	0
Parque Serra do Mar (SP)	0	0
Itacorubi (SC)	0	0
Baía de Babitonga (SC)	0	0
ZONA TROPICAL		
Baía de Todos os Santos (BA)	3,2	4,4
Praia de Boa Viagem (PE)	4,8	6
Praia de Pitimbú (PB)	4,1	5,3
Barra de Mamanguape (PB)	8,7	11,6
Recife de Maracajaú (RN)	4,2	5,1
ZONA TEMPERADA-QUENTE		
Reserva Biológica da Praia do Sul (RJ)	3,3	4,6
Baía de Sepetiba (RJ)	4,1	5,2
Baía da Ilha Grande (RJ)	3,1	4,0
Parque Serra do Mar (SP)	3,7	4,9
Baías da Ilha de Santa Catarina (SC)	2,9	4,1
ZONA DE TRANSIÇÃO		
Praia de Jacaraípe (ES)	8	11,3
ILHAS OCEÂNICAS		
Fernando de Noronha (1) (PE)	2,2	3,6
Fernando de Noronha (2) (PE)	2,6	4,4
Atol das Rocas (RN)	2,3	3,3
Complexo Insular Trindade e Martin Vaz (ES)	2,2	4,3
Complexo de Abrolhos e Arredores (BA)	1,9	3,2

Tabela 11: Comparação ficogeográfica utilizando os índices de Feldman (R/O) e Cheney (R+C/O), entre as áreas representadas com as respectivas zonas biogeográficas.

Nos manguezais hipersalinos, localizados no Nordeste Brasileiro (Rios Casqueira, Tubarão e Ceará), foram áreas que apresentaram maior riqueza. Acredita-se que esta característica ocorre devido à baixa precipitação (Figura 44), que reduz a descarga de água doce, contribuindo com a pouca variação da salinidade. Desta maneira, propiciando a colonização de macroalgas que migram de áreas recifais próximas possibilitando a coexistência com espécies do grupo “Bostrychietum”. As variáveis, latitude ($R^2=0,14$; $p>0,05$) e longitude ($R^2=-0,15$; $p>0,05$), não apresentaram diferenças significativas quanto à relação.

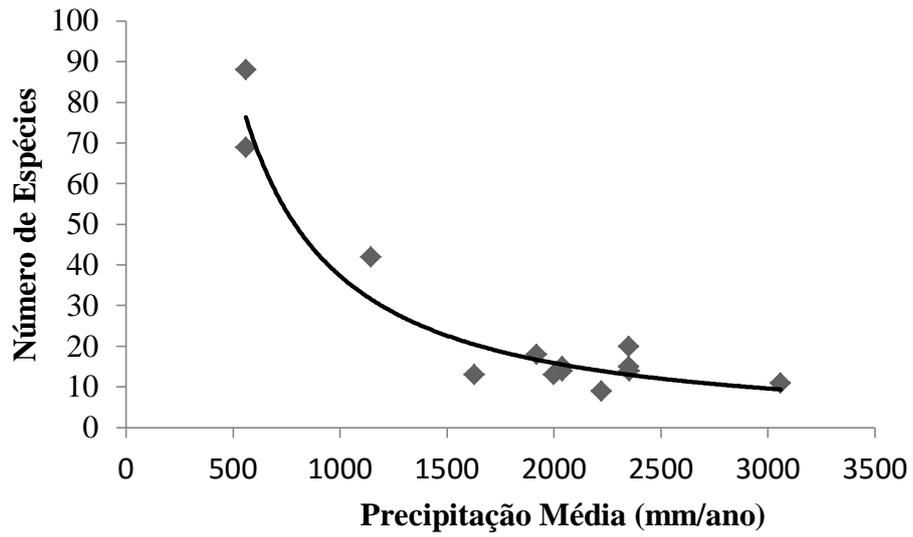


Figura 44: Relação Potencial entre o número de espécies x precipitação média anual encontradas para os manguezais levantados e do presente estudo. $R^2= 0,86$; $p<0,001$.

2.4 DISCUSSÃO

Nos complexos manguezais hipersalinos, as áreas escolhidas para o presente estudo apresentaram baixa similaridade na composição de espécies, porém oferecem uma dissimilaridade ecossistêmica, por tipo de habitat, em relação aos manguezais e áreas marinhas típicas (e.g. recifes, costões rochosos) do Brasil. Nesse sentido, podem mostrar diferenças na frequência de ocorrência de espécies, além de apresentarem possivelmente mecanismos de resiliência e resistência distintos.

2.4.1. Composição da Ficoflora

Este estudo revelou uma riqueza de espécies bastante alta para as duas áreas pesquisadas, especialmente quando consideramos a riqueza normalmente observada em áreas mangue-estuarinas de estuários positivos. A presença de macroalgas provavelmente advindas do oceano estabeleceu uma composição específica diferente no que constitui a ficoflora de manguezais conhecida, que apresentam uma baixa diversidade, devido à baixa concentração de oxigênio, variação da salinidade e a instabilidade do solo lamoso (OLIVEIRA, 1984). Trabalhos relacionados à flora algal de manguezais no Brasil, apresentam um padrão na composição similar a espécies do complexo “Bostrychietum” (e.g. YOKOYA et al., 1999 – Ilha do Cardoso, SP; CARIDADE & FERREIRA-CORREIA, 2007 – Baía de Turiaçu, MA; FONTES et al., 2007, Manguezais de Vila Velha e Suape, PE) que são resistentes as fortes variações abióticas, constituindo, dessa maneira, padrões homogêneos quanto a composição específica, geralmente representados por uma média de 15 espécies.

Apesar do total de macroalgas não ser comparável a nenhum habitat de manguezal estabelecido no Brasil, houve um padrão similar em relação às famílias com os maiores números de representantes. Para os dois manguezais estudados, a família Rhodomelaceae, seguida das famílias Ulvaceae (Rio Tubarão) e Caulerpaceae (Rio Casqueira) apresentaram maior diversidade taxonômica, acompanhando a mesma constituição para os manguezais analisados que são dominados por espécies do “Bostrychietum” cujos maiores representantes são das espécies de *Ulva* spp. (Ulvaceae) e *Bostrychia* spp. (Rhodomelaceae) (HADLICH, 1984; PINHEIRO-JOVENTINO & LIMA-VERDE, 1988; FORTES, 1992; CUNHA et al., 1999; MACHADO & NASSAR, 2007).

Muitos autores relacionam a predominância destas famílias em áreas com constante perturbação ao fato das espécies possuírem mecanismos químicos que produzem metabólitos secundários, atuando como instrumentos de defesa química (SHAALAN & MOHAMMAD, 1985; KARSTEN et al., 2007; ERBERT, 2011). Espécies dos gêneros *Bostrychia*, *Chondria*, *Laurencia* e *Polysiphonia*, por exemplo, são relatadas por Duarte et al. (2002) e Oliveira (2009), todas pertencentes a família Rhodomelaceae, em que foram encontradas várias estruturas químicas inéditas, todas biologicamente ativas.

Das espécies encontradas no presente trabalho, 15 são consideradas novos registros, sendo *Blidingia minima* (Nägeli ex Kütz.) Kylin, *Chaetomorpha clavata* Kütz., *Chaetomorpha minima* F. S. Collins & Hervey, *Rhizoclonium africanum* Kütz., novas evidências de Chlorophyta; e *Bangia atropurpurea* (Roth) C. Agardh, *Chrysymenia enteromorpha* Harvey, *Erythrotrichia carnea* (Dillwyn) J. Agardh, *Gracilaria cearensis* (A. B. Joly & Pinheiro) A. B. Joly & Pinheiro e *Stylonema alsidii* (Zanardini) K. M. Drew, novas evidências de Rhodophyta. Todas estas, sendo novas referências para o estado do Rio Grande do Norte.

Alves et al. (2009) realizaram um estudo sobre os gêneros *Chaetomorpha* Kütz. *nom. cons.* e *Rhizoclonium* Kütz. para o estado da Bahia realizando uma descrição detalhada das estruturas vegetativas e reprodutivas das espécies onde referem *Chaetomorpha clavata*, *C. minima* e *Rhizoclonium africanum* como novas para o Estado. As espécies destes gêneros são comumente encontradas em manguezais e referidas em diversos trabalhos voltados para estes ambientes (e.g. CORREIA-FERREIRA & BRANDÃO, 1974; YOKOYA et al., 1999; FERNANDES et al., 2005; CUTRIM et al., 2004). *Blidingia minima* (e.g. Figura 35) é referida por Nunes et al. (2005) para o estado da Bahia e por Rei-Santos (1992) para o Rio de Janeiro, logo representando a terceira referência para o Brasil. Além disso, esta espécie é referida por se encontrar na zona batida de entremarés formando densos tapetes. No presente estudo, ela foi encontrada epifitando troncos de *Rhizophora mangle* na zona superior do Rio Tubarão em áreas mais salinas e protegidas.

Das espécies de Rhodophyta, *Bangia atropurpurea*, *Chrysymenia enteromorpha*, *Erythrotrichia carnea* e *Stylonema alsidii* possuem uma vasta distribuição para o litoral brasileiro (NUNES, 2005). *Gracilaria cearensis* é referida exclusivamente para os estados do Maranhão, Ceará, Pernambuco, Bahia (NUNES, 2005) e Rio Grande do Norte (presente estudo), consistindo uma espécie típica da Zona Tropical.

Dentre as espécies que representam novos registros para o Nordeste brasileiro *Bryopsis corymbosa* foi confirmada a partir das disposições dos râmulos cuja ramificação tende a seguir um padrão irregular a radial e com râmulos superiores aglomeradamente dispostos, fugindo das características das espécies do gênero *Bryopsis* já conhecidas para o Nordeste (*B. pennata* e *B. plumosa*). *B. corymbosa* está citada para os estados do Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro (COTO & PUPO, 2009), sendo encontrada em áreas do médio e infralitoral. No presente estudo ela foi encontrada nas zonas mais adentro dos estuários, distante da linha da maré, crescendo em substratos arenosos.

Caulerpa racemosa var lamourouxii foi referida pela primeira vez para o Brasil por Yoneshigui-Valentin et al. (2006) e Barata (2008) para o infralitoral do Espírito Santo, sendo encontrada apenas em uma coleta a profundidade de 58m. A espécie encontrada, especificamente no manguezal do Rio Casqueira, coincide com as descrições propostas por Barata (2008) no que concerne à disposição dos râmulos com pendúnculo comprido e ápice globoso, dispostos frouxamente em fileiras radiais. Vale salientar que as autoras não encontraram o material completo, pois o mesmo estava sem ramos estoloníferos e rizoidais. Entretanto, o material do presente trabalho foi coletado de forma completa.

Chondria arcuata possui como característica diagnóstica, o talo com ramos arcuados, com ramificação esparsa, células corticais e periaxiais de tamanhos uniformes sem a presença de espessamentos lenticulares (HOLLENBERG, 1945), concordando com a identificação no presente trabalho. No Brasil, ela tem sua distribuição para os estados de São Paulo e Espírito Santo, referida pela primeira vez por Bacci (2005). Dessa forma, o presente registro desta espécie trata-se da segunda referência para o Brasil e primeira para o Nordeste.

A espécie *Ulva reticulata* Forsskål, que representa primeiro registro para o litoral brasileiro, foi encontrada crescendo sobre substrato areno-lodoso para o manguezal do Rio Tubarão. Tem como característica o talo laminar perfurado, com aspecto reticulado, com lacunas ovais, oblongas ou retangulares (JHA et al., 2009), o que a torna facilmente distinguível das características das “ulvas folhosas” descritas para o Brasil, a exemplo de *Ulva lactuca* L., *Ulva fasciata* Delile e *Ulva rigida* C. Agardh. As duas primeiras possuem ampla distribuição no litoral brasileiro, enquanto *U. rigida* está distribuída no Nordeste (Bahia e Pernambuco), Sudeste (Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro) e Sul (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) (COTO &

PUPO, 2009). *U. reticulata* é originária do Oceano Índico e sua ocorrência em algumas partes do mundo (e.g. Venezuela – PÉREZ et al., 2007), tem sido considerada como exótica, introduzida acidentalmente, que facilmente desenvolve-se em áreas de manguezais. A inserção desta espécie tem preocupado vários autores, pois ela afeta o crescimento de vários organismos e limita as trocas gasosas de outros vegetais (LEMUS, 1999; MSUYA & NEORI, 2002).

Duas espécies, *Ulva* sp. e *Chondria* sp., tem a identificação problemática, por conter características que não concordam com representantes do Brasil. A *Ulva* sp. distingue-se dos outros representantes “folhosos” por possuir um talo laminar inteiro, rugoso, com margens denteadas e podendo alcançar mais de 40cm de extensão da lâmina foliar. *Chondria* sp. distingue-se por possuir ramificação policotômica a irregular, com anastomoses frequentes entre os ramos, não possuem espessamentos lenticulares entre as células periaxiais, porém a célula axial está envolvida por “sub-células” periaxiais, além das periaxiais comuns. Duas espécies de *Halymenia* também ficaram sem identificação por não ter sido possível se chegar a um senso comum quanto à espécie, sendo preferível deixá-las no nível de gênero. Contudo, a espécie *Coelarthrum* sp. (Figura 49) está confirmada como nova para a ciência.

Os dois manguezais hipersalinos dos Rios Casqueira e Tubarão revelaram peculiaridades quanto à composição de espécies das comunidades de macroalgas, tais como, forte presença de espécies decorrentes dos ambientes marinhos (oceânicos). Esse fator revela que a presença destes organismos são novidades que compõem a ficoflora de macroalgas para manguezais.

As análises de similaridade evidenciaram que, os manguezais em estudo, possuem grandes diferenças nos padrões de riqueza taxonômica, principalmente quando comparados aos manguezais típicos. Com as áreas marinhas estudadas, há uma maior aproximação com áreas recifais da Zona Tropical, com base no índice de Jaccard utilizado, assim como o manguezal do Rio Ceará estudado por Miranda & Pereira (1989) que apresentou um padrão semelhante com os manguezais estudados quanto à composição de espécies.

2.4.2. Distribuição Geográfica da Composição Macroalgal nos Manguezais Hipersalinos

Mapas que revelam a distribuição global de algas marinhas bênticas mostram gradientes distintos em riqueza de espécies e gêneros, associados aos aspectos latitudinais ou longitudinais (KERSWELL, 2006).

No Brasil, a hipótese mais aceita com relação à distribuição geográfica das espécies de macroalgas é relacionada à hipótese espécie-energia, que diz que o maior número de espécies nos trópicos resulta de taxas metabólicas e especiação, de maneira mais acelerada relacionada à temperatura como principal fator (KASPARI & YAN 2004, FIGUEIREDO et al., 2008). Desta maneira, Horta et al. (2001) propuseram as zonas biogeográficas no Brasil que são formadas pelas Zona Tropical (Norte e Nordeste), Transição (Espírito Santo) e Temperada-Quente (Sudeste e Sul), vale salientar que a zona de transição, representada pelo estado do Espírito Santo, é a região que apresenta espécies tanto Tropical e Temperada-Quente. As áreas de manguezais não são inseridas nestas zonas por apresentarem um mesmo padrão quanto à distribuição em riqueza de espécies e gêneros no mundo.

Os manguezais hipersalinos estudados mostraram um padrão de riqueza de espécies superior à esperada em áreas de manguezais. Assim, com base na ordenação do nMDS 2D entre as Zonas Biogeográficas, os manguezais hipersalinos (Rio Casqueira e Tubarão/RN e Rio Ceará/CE), foram agrupados separadamente do grupo dos Manguezais Positivos, estes formaram uma ordenação totalmente separada das áreas marinhas. Os manguezais hipersalinos ficaram inseridos na província biogeográfica da Zona Tropical. As Zonas de Transição, Temperada-Quente e as Ilhas Oceânicas, formaram outros três grupos.

A flora da zona Temperada-Quente entre as áreas levantadas da região Sudeste e Sul do Brasil, foram bem relacionadas. Este padrão pode ser confrontado com o segundo nMDS formado, em que relacionou-se o tipo de habitat gerado por costões rochosos gerando uma uniformidade quanto ao aspecto de distribuição e composição de espécies (BOUZON et al. 2006, KERSWELL 2006, BARATA 2008, HORTA et al. 2008).

A Zona de Transição, apesar de ser analisado um único trabalho (BARBOSA et al. 2008), apresentou-se totalmente distinta dos grupos formados e com baixa significância nos dados quando comparada as outras zonas, o que corrobora com premissas postergadas por outros autores (HORTA et al. 2001, GUIMARÃES, 2003,

FIGUEIREDO et al. 2008). Guimarães (2003) relata que a região do Espírito Santo possui vários pontos propícios para a fixação de algas que variam desde costões rochosos a áreas recifais (e.g. arenítico de praia e ferruginoso), o que pode contribuir com a diferenciação desta província com as Zonas Tropical e Temperada-Quente.

A Zona Tropical foi a província que apresentou uma ordenação de maneira mais dispersa no nMDS, fato este que corrobora com a segunda ordenação por tipo de habitat. Dos levantamentos realizados por Lucena et al. (2007) na Paraíba, Silva (2006) no Rio Grande do Norte, Marins et al. (2008) na Bahia, e Pereira et al. (2007) em Pernambuco, todos os locais representam áreas recifais do tipo coralíneos e/ou rodolíticos. Já Ribeiro et al. (2008) e Araújo et al. (2008) realizaram o levantamento ficoflorístico em áreas recifais areníticas que formam barreira ao longo da costa. Esta relação pode ter influenciado na diferenciação de espécies macroalgais nos ambientes que foram estudados, o que acarretou um grupo mais disperso. Figueiredo et al. (2008) comentam que as áreas recifais do Nordeste brasileiro são distribuídas descontinuamente, onde o Filo Rhodophyta é a mais encontrada com a ordem Ceramiales sendo a mais representativa. O Filo Chlorophyta é representada, principalmente, pela ordem Bryopsidales e Cladophorales, e o Filo Ochrophyta pelas ordens Dictyotales e Ectocarpales.

Tal fato é observado para os manguezais hipersalinos, pois não houve diferença significativa entre a Zona Tropical, não evidenciando diferenças entre os recifes (arenítico e coralíneo), mas mostrou-se fortemente relacionadas quando se testou a diferença entre os tipos de habitats (ver Tabela 8 e 9). Com base neste fato, podemos sugerir que as macroalgas encontradas nas áreas estudadas, mais o Rio Ceará, são oriundas de recifes adjacentes próximos da região. No entanto, o processo de coexistência de grupos macroalgais (“Bostrychietum” + Marinho), fez com que os manguezais hipersalinos ficassem separados das áreas recifais e dos manguezais positivos, revelando um processo ecossistêmico formado para a Zona Tropical.

As ilhas oceânicas, formadas por Fernando de Noronha (ES), Atol das Rocas (ES), Complexo Insular Trindade e Martin Vaz (ES) e Complexo de Abrolhos (BA), formaram um grupo que diferiu significativamente ($p < 0,001$) quanto à ordenação das zonas e os habitats gerados. Apesar das diferenças, a ficoflora registrada para as ilhas oceânicas, mostra uma afinidade com as zonas biogeográficas do Brasil. Isto provavelmente ocorre estarem localizadas em ambientes de águas-quentes (SZÉCHY et al. 1989), mas a característica insular destes ambientes faz com que as espécies da

Divisão Rhodophyta e Chlorophyta sejam sub-representadas, como observado nos índices ficogeográficos, com aparente domínio de espécies da Divisão Ochrophyta (Classe Phaephyceae) (SZÉCHY et al. 1989, VILLAÇA et al. 2006, BURGOS 2009, BURGOS 2011).

Na análise do *cluster* de similaridade, pudemos observar dois grande grupos formados: G1 – o *grupo manguezal*, formado por todos os manguezais positivos do Brasil, com formação mais aglomerada, evidenciando alta similaridade de espécies, aparentando ambientes homogêneos em composição; e 2) o *grupo marinho*, formado pelos ambientes marinhos que compõem as zonas biogeográficas do Brasil mais os manguezais hipersalinos. Mesmo padrão se observa na ordenação dos dois nMDS.

Manguezais de todo o mundo são dominados por macroalgas dos gêneros *Ulva*, *Caloglossa*, *Catenela* e *Bostrychia* (e.g. Davey & Workerling, 1985; Aikanathan & Sasekumar, 1994; Yokoya et al., 1999; Laursen & King, 2000; Nedumaram & Perumal, 2009). Exceção são os manguezais do tipo ilhas, encontrados em sua maioria no mar caribenho (Rutzler & Feller 1996), os quais apresentam uma riqueza de espécies superior àquelas observadas nos manguezais continentais.

Vários autores relacionam a baixa diversidade e riqueza em áreas de manguezais continentais devido às macroalgas estarem sujeitas a forte variação de salinidade, normalmente de 0 a 30, que são tolerantes a dessecação e fatores de competição interespecífica que poderiam sugerir a redução do número de espécies (e.g. Davison & Pearson, 1996; Yokoya et al. 1999; Fernandes et al. 2005). Eston et al. (1991) explicam ainda que as variações de salinidade e a descarga frequente de água doce nestes ambientes pode estabelecer a adaptação das macroalgas associadas a manguezais, bem como a abundância, a composição e a distribuição biogeográfica da flora como um todo, permitindo uma composição homogênea destes organismos para os manguezais continentais de todo mundo.

A situação observada nos manguezais hipersalinos pode estar relacionada à localidade geográfica dos ambientes estudados, que localizam-se no semiárido do nordeste brasileiro, região que onde a frequência de chuvas é abaixo da média quando comparadas as outras áreas do Brasil. Estas condições, que provavelmente são contribuem para a hipersalinidade, possibilitaram a presença de espécies marinhas nos manguezais estudados coexistindo com macroalgas típicas de manguezais positivos, o “*Bostrychietum*”. Este fato corrobora com a análise de regressão potencial ($R^2=0,86$; $p<0,001$) em que o a riqueza de espécies cai com o aumento da precipitação. Savenijes

& Pàges (1992) mencionam que a baixa precipitação e as altas taxas de evaporação, podem exercer um controle da salinidade influenciando em culminâncias no gradiente. Assim, as áreas de manguezais de caráter positivo apresentaram uma maior precipitação média (>500mm/ano) e descarga de água doce proporcionando a forte variação do gradiente salino, enquanto que nos manguezais hipersalinos a baixa precipitação controla a salinidade que se torna ideal para a colonização de espécies recifais, possibilitando a coexistência.

2.4.3. Padrões Ficogeográficos

Os índices de Feldman e Cheney apresentaram valores superiores a quatro para os dois manguezais, o que é esperado para a Zona da Província Tropical no Brasil, estabelecido por Horta et al. (2001). Considerando as áreas amostradas, podemos observar que há uma grande variação nos índices, com valores iguais a zero ou muito elevados, como observados para as áreas que compõem o grupo marinho, representado pelas zonas biogeográficas. Estes valores são comumente esperados, pois as áreas mangue-estuarinas, que apresentaram índices zerados, não apresentaram espécies de algas pardas, logo, o grupo formado pelos *manguezais* (Positivos) mostram o favorecimento das espécies do grupo “Bostrychietum”. O grupo das áreas *marinhas* mostrou variação entre valores de Feldman e Cheney.

Para as áreas que compõem as zonas biogeográficas, os índices corroboraram com os estimados por Horta et al. (2001) e Figueiredo et al. (2008). Estes mencionam que áreas da Zona Tropical os índices são superiores a 4 e da Zona Temperada-Quente inferior a 4. A Zona de Transição os índices apresentam valores muito superiores, uma vez que nesta zona, as espécies de todas as divisões são bem representadas.

Nas ilhas oceânicas os valores foram bem inferiores ao esperado, uma vez que as áreas observadas estão inseridas na Zona Tropical e de Transição. Fonseca (2010) em estudo sobre estrutura e produtividade primária de macroalgas do Atol das Rocas, encontrou os mesmos valores abaixo do esperado, assim como Burgos (2009) e Burgos et al (2001) encontraram a mesma tendência para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Fernando de Noronha. Estes autores consideraram a grande representatividade de espécies da Divisão Ochrophyta, sub-representando as espécies rodófitas e clorófitas. Possivelmente, estas áreas podem estar sujeitas a perturbações desconhecidas quando comparadas com as áreas continentais.

Figueiredo et al. (2008) mencionam que os índices de Feldman e Cheney devem ser aplicados em larga escala espacial e usados com cautela para estudos de pequena escala. No entanto, os manguezais dos Rios Casqueira, Tubarão e Ceará (CE) indicaram valores superiores ao esperado para qualquer tipo de ambiente gerado por manguezal. Os mesmos autores citam que a baixa latitude pode influenciar no aumento destes índices, porém foi observado que a baixa precipitação nestes ambientes, com baixo aporte de água doce, favorece o controle da salinidade que se torna ideal para as macroalgas marinhas.

Apesar do trabalho realizado por Miranda & Pereira (1989) ser antigo e a composição de macroalgas no ambiente possa ter mudado, as três áreas apresentaram uma elevada taxa de riqueza quando comparados a outros manguezais com grande representação das divisões Chlorophyta, Ochrophyta e Rhodophyta (Figura 46), incidindo nos valores dos índices. Fatores ligados a alta incidência de luz e elevadas taxas de evaporação, geram ambientes com salinidades superiores, o que é observado nos três manguezais (Rios Casqueira e Tubarão, com salinidade que pode chegar a 55, e Rio Ceará, com salinidade podendo alcançar 43), possibilitando processos de colonização das espécies de macroalgas.

Entretanto, assim como destacado por Bouzon et al. (2006), estes índices são estritamente descritivos e devem ser utilizados com muita cautela na caracterização de padrões biogeográficos, por serem fortemente influenciados por fatores ambientais pontuais. No entanto, cabe ressaltar que os manguezais dos Rios Casqueira e Tubarão tornam-se únicos e que a maior parte dos mangues brasileiros estão largamente afetados pela contínua variação dos fatores abióticos não possibilitando aumento da diversidade, como proposto por Oliveira (1984).

2.4.4. Manguezais Hipersalinos: Hotspots de Biodiversidade na Costa do Litoral Brasileiro

Os dados obtidos indicaram que os manguezais hipersalinos estudados constituem ambientes que sustentam uma grande diversidade de organismos fitobentônicos, os quais por sua vez sustentam a grande diversidade de consumidores.

Vários autores (e.x. Goulding, 1988; Tillman, 2004; Giacomini, 2007) tem sugerido que padrões na heterogeneidade espacial e sobreposição do nicho podem contribuir com a co-ocorrência de espécies, influenciando processos de super

colonização de habitats. Giacomini (2007) enfatiza ainda que o efeito de prioridade, gerado pela ordem de chegada das espécies no ambiente, atua na partição espacial do nicho tornando fator determinante para a coexistência.

Nos manguezais hipersalinos estudados, a evapotranspiração potencial anual média maior que a precipitação proporciona a baixa variação da salinidade, tornando estes ambientes mais salinos que outras áreas de manguezais conhecidas. A associação desses fatores tem proporcionado o grande número de espécies macroalgais, possibilitando a coexistência de grupos (“Bostrychietum” x Marinho), sendo as espécies marinhas oriundas de áreas recifais adjacentes.

Várias teorias que objetivam explicar a localização da biodiversidade em *hotspots*, normalmente contam com explicações lógicas para que uma determinada área promova especiação ou reduza a extinção. Duas hipóteses são comumente mencionadas: relação espécie-energia e espécie-área. A primeira sugere que em ambientes com maior fluxo de energia (aumento da temperatura) gera-se uma maior taxa de especiação tornando certas regiões, como as tropicais, com maior diversidade (ALLEN et al. 2002). A segunda hipótese indica que áreas maiores podem suportar um maior número de espécies (ROSENWEIG 1995). Um modelo aceito recentemente é a relação entre picos de riqueza de espécies com a geometria da sua área de distribuição geográfica que por sua vez é afetada por sua borda continental, efeito este chamado de domínio médio (“mid-domain effect”, COLWELL & LEES 2000).

Kerswell (2006) lançou a hipótese de que as grandes correntes oceânicas desempenham um papel importante para determinar a localização de *hotspots* na riqueza de macroalgas por meio na dispersão de propágulos e alteração das condições oceânicas. Assim, o fluxo de giros no sentido horário no hemisfério norte e anti-horário no hemisfério sul, associado com uma circulação de superfície, faz com que as áreas próximas do Equador possuam pontos de alta diversidade nas regiões tropicais.

Partindo dessa hipótese, associada com a relação espécie-energia, podemos sugerir que os manguezais hipersalinos são *hotspots* de espécies de macroalgas, uma vez que existe uma forte “invasão” de espécies marinhas nos manguezais estudados, possivelmente fato este gerado por variáveis ambientais como, por exemplo, o forte hidrodinamismo relacionado com a baixa precipitação e alta salinidade.

Desta maneira, a flora macrofitobentônica observada nos manguezais hipersalinos pode resultar de uma interação complexa de processos ecológicos e biogeográficos, promovendo uma grande riqueza de espécies macroalgais,

possibilitando a coexistência de espécies. Dessa forma, a grande variabilidade no padrão de riqueza de espécies encontradas promove *hotspots* de biodiversidade na planície costeira brasileira.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKANATHAN, S. & SASEKUMAR, A. The community structure of macroalgae in a low shore mangrove Forest in Selangor, Malaysia. **Hydrobiologia**. 285: 131-137pp. 1994.
- ALLEN, A.P., BROWN, J.H. & GILLOOLLY, J. Global biodiversity, biochemical kinetics, and the energetic-equivalence rule. **Science**. 297: 1545-1548pp. 2002.
- ALVES, A.M.; MOURA, C. W. M.; ALVES, G. L. & GESTINARI, L.M.S. Os gêneros *Chaetomorpha* Kütz. nom. cons. *Rhizoclonium* Kütz. (Chlorophyta) do litoral do Estado da Bahia, Brasil. **Revs. Bras. de Botan.** 32 (3): 545-570pp. 2009.
- AMADO FILHO, G.M., BARRETO, M.B.B.B., MARINS, B.V., FELIX, C. & REIS, R.P. Estrutura da comunidades fitobentônicas do infralitoral da Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. 23(6): 329-342pp. 2003.
- AMARAL, A.C.Z & JABLONSKI, S. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. **Megadiversidade**. 1 (1): 43-51pp. 2005.
- ARAÚJO, P.G., MIRANDA, G.E.C. & KANAGAWA, A. I. Repartição espacial da comunidade macrobêntica dos recifes da APA da Barra do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**. 19 (1): 29-50pp. 2008.
- ARANA, P.M. Juan Fernandez Islands (Chile): Living Marine Resources and Fishery Perspective. Marine Resource Management Program. School of Oceanography. Oregon State University. **Master's Degree**. 121pp. 1979.
- AZEVEDO, R.S. *Geologia do Litoral Oriental Potiguar: Área II-Poço Branco/RN. (Relatório de Graduação)*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 165pp. 1987.
- BACCI, D.S. Estudos taxonômicos do gênero *Chondria* (Ceramiales, Rhodophyta) no litoral dos estados de São Paulo e Espírito Santo, Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Botânica do Estado de São Paulo. São Paulo. 122pp. 2005.
- BARATA, D. Taxonomia e Filogenia do gênero *Caulerpa* J. V. Lamour. (Bryopsidales, Chlorophyta) no Brasil. **Tese de Doutorado**. Instituto de Botânica do Estado de São Paulo. São Paulo-SP. 206pp. 2008.
- BARBOSA, S.O., FIGUEIREDO, M.A.O. & TESTA, V. Estrutura e dinâmica das comunidades bentônicas dominadas por macrófitas na zona intramareal da Praia de Jacaraípe, Espírito Santo, Brasil. **Hoehnea**. 35(4): 563-575pp. 2008.
- BARROSO, C.X. & MATTEWS-CASCON, H. Distribuição espacial e temporal da malacofauna no estuário do rio Ceará, Ceará, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. 4 (1): 79-86pp. 2009.

BOUZON, J.L.; SALLES, J.P.; BOUZON, Z. & HORTA, P.A. Aspectos florísticos e fitogeográficos das macroalgas marinhas das Baías da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Ínsula**. 35: 69-84pp. 2006.

BRAYNER, S.G. Taxonomia e distribuição do gênero *Caulerpa* Lamouroux (Bryopsidales – Chlorophyta) no litoral de Pernambuco. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Recife, PE. 58pp. 2007.

BRITO, L.V.R., SZÉCHY, M.T.M. & CASSANO, V. Levantamento taxonômico das macroalgas da zonas das marés de costões rochosos adjacentes ao Terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía da Ilha Grande, RJ. *Atlantica*, Rio Grande. 24(1): 17-26pp. 2002.

BURGOS, D.G., PEREIRA, S.M.B., BANDEIRA-PEDROZA, M.E. 2009. Levantamento florístico das rodofíceas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) – Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 23(4): 1110-1118pp. 2009.

BURGOS, D.G. Composição e estrutura das comunidades de macroalgas do infralitoral do Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco – Brasil, com ênfase nas calcárias incrustantes. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 113pp. 2011.

CARIDADE, E.O. & FERREIRA-CORREIA, M.M. Taxonomia das macroalgas dos manguezais da Baía de Turiaçu, estado do Maranhão, Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*. 20: 53-60pp. 2007.

COWELL, R.K. & LEES, D.C. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. **Trends Ecology Evolution**. 15: 41-81pp. 2000.

CORDEIRO, P. A. Phycological observations. VI. Mangrove – associated algae from Aklan, Philipines. *Philipp. Journal Biology*. 7: 275-296pp. 1978.

CORREIA-FERREIRA, M.M. & BRANDÃO, M.D.S. Flora ficológica marinha da Ilha de São Luís (Estado do Maranhão, Brasil). I – Chlorophyta. **Arquivos de Ciências do Mar**. 14 (2): 67-80pp. 1974.

COTO, A.C.S.P & PUPO, D. Flora ficológica do estado de São Paulo – Ulvophyceae. Volume 3. RIMA Editora, FAPESP. São Carlos, SP. 76pp. 2009.

CUNHA, S.R.; NASCIMENTO, J.; LIMA, G.B.; ZACHARJASIEWICZ, G.; CRESTANI, D.E.V.; MAFRA JR, L.L.; PAZETO, F.D.; SANT'ANNA, F. & COSTA, C.S.B. Distribuição e biomassa de macroalgas em um manguezal da Baía da Babitonga, SC: Resultados preliminares. **Notas Técnicas Facimar**. 3: 1-15pp. 1999.

CUTRIM, M.V.J.; SILVA, E.F. & AZEVEDO, A.C.G. Distribuição vertical das macroalgas aderidas em rizóforos de *Rhizophora mangle* Linnaeus nos manguezais de Parna-Açu e Tauá-Mirim (Ilha de São Luís/ MA - Brasil). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 17: 9-18pp. 2004.

- DAVISON, I.R. & PEARSON, G.A. Stress tolerance in intertidal seaweeds. **Journal of Phycology**. 32: 197-211pp. 1996.
- DAVEY, A. & WOELKERLING, W. J. Studies on Australian mangrove algae: I. Victorian communities: composition and geographic distribution. **Proceedings of the Royal Society of Victoria**. 91: 53-66pp. 1985.
- DIAS, T.L.P. Ecologia populacional de *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Teleostei: Syngnathidae) no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia)**, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 77pp. 2002.
- DIAS, T.L.P. Os peixes, a pesca e os pescadores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Macau-Guamaré/RN), Brasil. **Tese de Doutorado em Zoologia**. Departamento de Sistemática e Ecologia. UFPB. 167pp. 2006.
- DUARTE, M.E.R.; NOSEDA, M.D.; CARDOSO, M.A.; TULIO, S. & CERREZO, A.S. The structure of a galactan sulfate from the red seaweed *Bostrychia montagnei*. **Carbohydrate Research**. 337: 1137-1144pp. 2002.
- DURAL, B. & DEMIR, N. Ecological, anatomical and morphological studies on *Ulva rigida* C. Agardh (Ulvaceae, Chlorophyta) in the Coast of Izmir (Aegean Sea – Turkey). **Tarım Bilimleri Dergisi**. 7 (3): 74-80pp. 2001.
- ERBERT, C. Estudos químicos e biológicos de algas marinhas do gênero *Bostrychia montagnei* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) e fungos endofíticos associados. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo (USP). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto. 50pp. 2011.
- ESTEVEZ, F.A.; CALIMAN, A.; SANTANGELO, J.M.; GUARIENTO, R.D.; FARJALLA, V.F. & BOZELLI, R.L. Neotropical coastal lagoons: an appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. **Brazilian Journal of Biology**. 68(4): 967-981pp. 2008.
- ESTON, V.R.; YOKOYA, N.S.; FUJII, M.T.; BRAGA, M.R.A.; PLASTINO, E.M. & CORDEIRO-MARINO, M. Mangrove macroalgae in Southeastern Brazil: spatial and temporal patterns. **Revista Brasileira de Biologia**. 51: 829-837pp. 1991.
- FELLER, I.C.; LOVELOCK, C.E.; BERGER, U.; MCKEE, K.L.; JOYE, S.B. & BALL, M.C. Biocomplexity in mangrove ecosystems. **Annual Review Marine Science**. 2: 395-417pp. 2010.
- FERNANDES, M.E.B.; SILVA, E.F.; LIMA, J.F.; VARELA, E.S.; HERCOS, A.P.; FERNANDES, C.M.; ARRUDA, C.C.B.; GOMES, G.; SANTOS, H.; SOARES, C. & SARAIVA, R.M. Distribuição espacial das macroalgas associadas às florestas de manguezais na península de Ajaruteua, Bragança-Pará. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 18: 11-17pp. 2005.

FIGUEIREDO, M.A.O. & STENECK, R.S. Floristic and ecological studies of crutose coralline algae on Brazil's Abrolhos reefs. In: **Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium**, Bali, 493-498pp. 2002.

FIGUEIREDO, M.A.O.; HORTA, P. A.; PEDRINI, A.G. & NUNES, J.M.C. Benthic marine algae of the coral reefs of Brazil: a literature review. **Oecologia Brasilienses**. 12 (2): 258-269pp. 2008.

FONTES, K.A.A.; PEREIRA, S.M.B. & GONÇALVES, D.S. Biomassa e frequência das macroalgas aderidas em pneumatóforos de *Avicennia schuaeriana* Stapf. Leechman no manguezal de Vila Velha, Itamaracá, PE. **VII Congresso de Ecologia do Brasil**. Resumo Expandido. www.seb.ecologia.org.br/VIICEB/resumos/551a.pdf. 2005.

FONTES, K.A.Z.; Pereira, S.M.B. & Zickel, C.S. Macroalgas do "Bostrychietum" aderidos em pneumatóforos de duas áreas de manguezal do estado de Pernambuco, Brasil. **Iheringia**. Série Botânica. 62 (1-2): 31-38pp. 2007.

FORTES, A.C.M. Estudo taxonômico e aspectos ecológicos das Rhodophyta no manguezal da Ilha de Santos (Complexo estuarino Paiuí-Fundo-Real, Sergipe). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE. 112pp. 1992.

FONSECA, A.C. Estrutura e produtividade primária das comunidades de macroalgas e dinâmica de nutrientes no sistema recifal de Atol das Rocas, RN – Brasil. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal Fluminense. 135pp. 2010.

GESTINARI, L.M.S, NASSAR, C.A.G. & ARANTES, P.V.S. Algas marinhas bentônicas da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 12(1): 67-76pp. 1998.

GIACOMINI, H. C. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. **Oecologia Brasilienses**. 11(4): 521-543pp. 2007.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. L.; FERREIRA, E.G. Rio Negro, rich life in poor-water. **SPB Academic Publishing**. Netherlands. 200pp. 1988.

GUIMARÃES, S. M. P. B. Rodofíceas marinhas bentônicas do estado do Espírito Santo: Ordem Cryptonemiales. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências. USP. 275pp. 1990.

GUIMARÃES, S.M.P.B. Uma análise da diversidade da flora marinha bentônica do estado do Espírito Santo, Brasil. **Hoehnea**. 30 (1): 11-19pp. 2003.

GUIMARÃES, S.M.P.B.; FUJII, M.T.; PUPO, D. & YOKOYA, N.S. Reavaliação das características morfológicas e suas implicações taxonômicas no gênero *Polysiphonia sensu lato* (Ceramiales, Rhodophyta) do litoral dos Estados de São Paulo e Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. 27 (1): 163-183pp. 2004.

GUIRY, M.D. & GUIRY, W. *algaebase.org*. 2011.

HADLICH, R.M. Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue de Itacorubi – Florianópolis – Ilha de Santa Catarina – Brasil: I-Chlorophyta. **Ínsula**. 14: 121-138pp. 1984.

HADLICH, R.M. & BOUZON, Z.L. Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue do Itacorubi – Florianópolis – Ilha de Santa Catarina – Brasil – II: Rhodophyta. **Ínsula**. 15: 89-116pp. 1985.

HOGARTH, P.J. The biology of mangroves and seagrasses. 2nd Edition. **Oxford University Press**, Oxford. 273pp. 2007.

HOLLEMBERG, G.J. New marine algae from Southern California. III. **American Journal of Botany**. 32: 447-451pp. 1945.

HORTA, P.A. Macroalgas do infrelitoral do sul e do sudeste do Brasil: taxonomia e biogeografia. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 301pp. 2000.

HORTA, P.A.; AMANCIO, E.; COIMBRA, C.S.; OLIVEIRA, E.C. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. **Hoehnea**. 28(3), 243-265pp. 2001.

HORTA, P.A., SALLES, J.P., BOUZON, J.L., SCHERNER, F., CABRAL, D.B. & BOUZON, Z.L. Composição e estrutura dos fitobentos do infralitoral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil – Implicações para a conservação. **Oecologia Brasiliense**. 12(2): 243-257pp. 2008.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2010. www.inmet.gov.br. Acesso em 07 de abril de 2011.

JAGTAP, T. G. Marine flora of Nicobar group of islands in Andaman Sea. **Indian Journal of Marine Sciences**. 21 (1): 56-58pp. 1992.

JAGTAP, T. G. Studies on littoral and sublittoral macrophytes around the Mauritius coast. **Atoll Research Bulletin**. 382: 1-10pp. 1993.

JHA, B.; REDDY, C.R.K.; THAKUR, M.C. & RAO, M. U. Seaweeds of India: the diversity and distribution of seaweeds of Gujarat Coast. Springer Science. **Developments in Applied of Phycology**. 216pp. 2009.

KANAGAWA, A. I. Clorofíceas marinhas bentônicas do Estado da Paraíba-Brasil. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências. USP. 470pp. 1984.

KARSTEN, U.; GORS, S.; EGGERT, A. & WEST, J. A trehalose, digeneaside, and floridoside in the Florideophyceae (Rhodophyta) – a reevaluation of its chemeotaxonomic value. **Phycologia**. 46: 143-150pp. 2007.

KASPARI, M.P.S. & YUAN, M. Energy gradients and the geographic distribution of local ant diversity. **Oecologia**. 140: 407-413pp. 2004.

KERSWELL, A.P. Global biodiversity patterns of benthic marine algae. *Ecology*. 2006. 87(10): 2497-2488pp.

LAURSEN, W.J. & KING, R.J. The distribution and abundance of mangrove macroalgae in Woolooware Bay, New South Wales, Australia. **Botanica Marina**. 43: 377-384pp. 2000.

LEMUS, A. Macroalgas exóticas y su presencia en mares venezolanos. *Acta Cient. Venez.* 50: 134-137pp. 1999.

LUCENA, L.A.F.; KANAGAWA, A.I.; MARTINS, G.J.M.; TARGINO, C.H.; MIRANDA, G.E.C. & HORTA, P.A. Levantamento da flora do infralitoral do município de Pitimbu, litoral Sul do estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. 5 (2): 585-587pp. 2007.

MACHADO, G.E.M. & NASSAR, C.A.G. Assembléia de macroalgas de dois manguezais do núcleo de Piciminguaba – Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**. 58 (4): 835-846pp. 2007.

MACHADO, G.E.M., NASSAR, C.A.G. & SZÉCHY, M.T.M. Flora ficológica da região sublitorânea rasa de costões rochosos do Núcleo Picinguaba, Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, São Paulo. **Acta Botanica Brasilica**. 27(1): 71-82pp. 2011.

MARINS, B.V.; BRASILEIRO, P.S.; BARRETO, M.B.B.; NUNES, J.M.C.; VALENTIM, Y.Y. & AMADO FILHO, G.M. Subtidal benthic marine algae of the Todos os Santos Bay, Bahia state, Brazil. **Oecologia Brasilienses**. 12 (2): 229-242pp. 2008.

MCCLANAHAN, T.R.; AROSON, R.B.; PRECHT, W.F. & MUTHIGA, N.A. Fleshy algae dominate remote coral reefs of Belize. **Coral Reefs**. 18: 61-62pp. 1999.

MCLUSKY, D. S. & ELLIOTT, M. The estuarine ecosystem: ecology, threats and management. **Oxford University Press**, London. 214pp. 2004.

MELO, C.E. & LIMA, J.D. Diversidade de espécies e influência de fatores estocásticos na regulação da ictiofauna em lagos de meandros na Bacia do Rio das Mortes – Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Ecologia**. 27: 20-25pp. 2007.

MELVILLE, F.; PULKOWNIK, A. & BURCHETT, M. Zonal and seasonal variation in the distribution and abundance of mangrove macroalgae in the Parramatta River, Australia. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 64: 267-276pp. 2005.

MELVILLE, F. & PULKOWNIK, A. Seasonal and spatial variation in the distribution of mangrove macroalgae in the Clyde River, Australia. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 71: 683-690pp. 2007.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão dos Recursos Naturais: Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira. Edições IBAMA, Brasília. 200pp. 2000.

MME – Ministério de Minas e Energia. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Rio Grande do Norte: Diagnóstico do município de Macau. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. 22pp. 2005.

MIRANDA, G.E.C. Alguns aspectos da regeneração e manejo dos bancos naturais de macroalgas bênticas no litoral do Estado da Paraíba. **Monografia de Graduação**. Universidade Federal da Paraíba. 55pp. 1989.

MIRANDA, P.T.C. & PEREIRA, S.M.B. Macroalgas bentônicas no manguezal do Rio Ceará (Ceará-Brasil). II- Distribuição em função das condições hidrológicas. **Arquivos de Ciências do Mar**. 28: 39-52pp. 1989.

MOURA, C. W. do N. Coralináceas com genículo (Rhodophyta, Corallinaceae) do litoral do Brasil. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências. USP. 264pp. 2000.

MSUYA, F.E. & NEORI, A. *Ulva reticulata* and *Gracilaria crassa*: Macroalgae that can biofilter effluent from tidal fishponds in Tanzania. **Western Indian Oceanography Journal Marine Science**. 1 (2): 117-126pp. 2002.

NEDUMARAM, T. & PERUMAL, P. Temporal and Spatial Variations in the structure of macroalgal communities associated with mangroves of Pichavaram (South India). **Botany Research International**. 2(3): 198-205pp. 2009.

NUNES, J. M. de C. & PAULA, E. J. Estudos taxonômicos do gênero *Padina* Adanson (Dictyotaceae-Phaeophyta) no litoral do Estado da Bahia, Brasil. **Acta Botânica Malacitana**. Vol. 25: 21-23pp. 2000.

NUNES, J. M. C. & PAULA, E. J. Chnoosporaceae, Scytosiphonaceae, Sporochneaceae e Sphacelariaceae (Phaeophyta) no estado da Bahia, Brasil. **Biotemas**. Vol. 17 (1): 7-28pp. 2004a.

NUNES, J.M.C. & PAULA, E.J. O gênero *Dictyota* Lamouroux (Dictyotaceae-Phaeophyta) no litoral no Estado da Bahia, Brasil. **Acta Botânica Malacitana**. Vol. 26: 5-18pp. 2004b.

NUNES, J.M.C. Rodofíceas marinhas bentônicas do estado da Bahia, Brasil. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo (USP). 429pp. 2005.

NUNES, J.M.C.; SANTOS, A.C.C. & SANTANA, L.C. Novas ocorrências de algas marinhas bentônicas para o estado da Bahia, Brasil. **Iheringia, Sér. Bot.** 60 (1): 99-106pp. 2005.

NUNES, J.M. de C. & PAULA, E.J. O gênero *Dictyopteris* J. V. Lamour. (Dictyotaceae – Phaeophyta) no estado da Bahia, Brasil. **Hidrobiológica**. 16 (3): 251-258pp. 2006.

ÓLAFSSON, E.; CARLSTRÖM, S. & NDARO, S.G.M. Meiobenthos of hypersaline tropical mangrove sediment in relation to spring tide inundation. **Hydrobiologia**. 426: 57-64pp. 2000.

OLIVEIRA FILHO, E. C. Algas marinhas do sul do Estado do Espírito Santo (Brasil). I – Ceramiales. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**. Instituto de Biociências. USP. 277pp. 1969.

OLIVEIRA FILHO, E. C. Algas marinhas bentônicas do Brasil. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências. USP. 406pp. 1977.

OLIVEIRA, E.C. Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds. In: *Hydrobiology of the Mangal – The Ecosystem of the mangrove Forest*. **The Hague**. 56-65pp. 1984.

OLIVEIRA, E.C.; HORTA, P.A.; AMANCIO, E. & ANNA, C.L.S. Algas e angiospermas marinhas bênticas do litoral brasileiro. In: **Ministério do Meio Ambiente. Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil**, RJ. 2001.

OLIVEIRA, A.L.L. Avaliação química e biológica de espécimens de *Bostrychia radicans* (Rhodomelaceae). **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo (USP). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto. 101pp. 2009.

PAULA, E. J.; UGADIM, Y. & KANAGAWA, A. I. Macroalgas de manguezais da Ilha de Maracá – Estado do Amapá, Brasil. **Ínsula**. 19: 95 – 114pp. 1989.

PEREIRA, S. M. B. Clorofíceas marinhas da Ilha de Itamaracá e arredores (Estado de Pernambuco-Brasil). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. **Dissertação de Mestrado**. 1974.

PEREIRA, S.M.B.; RIBEIRO, F.A. & BANDEIRA-PEDROSA, M.E. Algas pluricelulares do infralitoral da praia de Gaibú (Pernambuco-Brasil). **Revista Brasileira de Biociências**. 5 (2): 951-953pp. 2007.

PÉREZ, J.E.; ALFONSI, C.; SALAZAR, S.K.; MACSOTAY, O.; BARRIOS, J. & ESCARBASSIERE, R.M. Especies marinas exóticas y criptogénicas en las costas de Venezuela. **Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela**. 46 (1): 79-96pp. 2007.

PIMM, S.L. & ROSENZWEIG, M.L. Competitors and habitat use. **Oikos**. 37: 1-6pp. 1981.

PINHEIRO-JOVENTINO, F. & LIMA-VERDE, N.G. Ocorrência e distribuição de macroalgas no Estuário do Rio Cocó, Fortaleza, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**. 27: 83-89pp. 1988.

PREGNALL, A.M. & RUDY, P.P. Contribution of green algal mats (*Enteromorpha* Ravetto, C. 1964. Alcian blue-alcian yellow: a new method for the identification of different acidic groups. **Journal of Histochemistry and Cytochemistry**. 12: 44-45pp. 1985.

REIS-SANTOS, R. P. *Blidingia minima* (Nägeli ex Kützing) Kylin var. *minima* (Monostromataceae-Chlorophyta), ocorrência nova para a costa brasileira. **Hoehnea**. São Paulo, v. 19, n. 1/2, p. 125-128pp. 1992.

RIBEIRO, F.A.; JR TRAVASSOS, A.; GESTINARI, L. A.; TORRES, J.; LIMA, K.K.A.; SANTOS, M.D.; LIRA, G.A.S.T.; FONTES, K.A.A.; PEREIRA, S.M.B. & VALENTIM, Y.Y. Análise quali-quantitativa das populações algáceas de um trecho recifal na Praia de Boa Viagem, PE. **Oecologia Brasiliense**. 12 (2): 222-228pp. 2008.

ROSA, I.L.; OLIVEIRA, T.P.R.; CASTRO, A.L.C.; MORAES, L.E.S.; XAVIER, J.H.A.; NOTTINGHAM, M.C.; DIAS, T.L.P.; BRUTO-COSTA, L.V.; ARAÚJO, M.E.; BIROLO, A.B.; MAI, A.C.G. & MONTEIRO-NETO, C. Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae). **Neotropical Ichthyology**. 5: 405-414pp. 2007.

ROSENWEIG, M.L. Species Diversity in Space and Time. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.

RUTZLER, K. & FELLER, I.C. Caribbean mangrove swamps. **Scientific American**. March: 94-99pp. 1996.

SAVENIJE, H.H.G. & PAGÈS, J. Hypersalinity: a dramatic change in the hydrology of Sahelian estuaries. **Journal of Hydrology**. 135: 157-174pp. 1992.

SHAALAN, S. & MOHAMMAD, Y.A. Chemotaxonomy of some marine algae belonging to family Ulvaceae from Alexandria sea shore. **Journal of the Faculty of Marine Science**. 4: 183-191pp. 1985.

SILVA, I.B. Diversidade de macroalgas marinhas bentônicas dos recifes de Maracajaú, área de preservação ambiental dos recifes de corais, Rio Grande do Norte, Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Pós-graduação em Bioecologia Aquática. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). 68pp. 2006.

SILVA, A.M.A.; BARBOSA, J.E.L.; MEDEIROS, P.R.; ROCHA, R.M.; LUCENA-FILHO, M.A. & SILVA, D.F. Zooplankton (Cladocera and Rotifera) variations along a horizontal salinity gradient and during two seasons (dry and rainy) in a tropical inverse estuary (Northeast Brazil). Pan-American **Journal of Aquatic Sciences**. 4 (2): 226-238pp. 2009.

SIMIER, M.; BLANC, L.; ALIAUME, C.; DIOUF, P.S. & ALBARET, J.J. Spatial and temporal structure of fish assemblages in an “inverse estuary”, the Sine Saloum system (Senegal). **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 59: 69-86pp. 2004.

SZÉCHY, M.T.M., NASSAR, C.A.G., FALCÃO, C. & MAURAT, M.C.S. Contribuição ao inventário das algas marinhas bentônicas de Fernando de Noronha. **Rodriguésia**. 67(41): 53-61pp. 1989.

TANAKA, J. & CHIHARA, M. Species composition and vertical distribution of macroalgae in brackish waters of Japanese mangrove forest. **Bull. Natn. Sci. Mus**. 13: 141-150pp. 1987.

TAQUIL, A. & YONESHIGUE-VALENTIM, Y. Alterações na composição florística das algas da Praia de Boa Viagem (Niterói, RJ). **Revista Brasileira de Botânica**. 25 (4): 405-412pp. 2002.

TAVARES, C.M. & MENDES, C.L.T. Aspectos reprodutivos das macroalgas epífitas de pneumatóforos do manguezal de Coroa Grande (Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil). **Anais do IX Congresso Latino-Americano Sobre Ciências Del Mar**. 16-20 de setembro. San Andrés Isla, Colombia. 1-5pp. 2001.

THUILLER, W.; SLINGSBY, J. A.; PRIVETT, S. D. J.; COWLING, R. M. Stochastic species turnover and stable coexistence in a species-rich, fire-prone plant community. **PlosOne**. 9: 1-8pp. 2007.

TILLMAN, D. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: a stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. **PNAS (Ecology)**. 101(30): 10854-10861pp. 2004.

VILLAÇA, R., PEDRINI A.G., PEREIRA, S.M.B. & FIGUEIREDO M.A.O. Flora marinha bentônica das Ilhas Oceânicas brasileiras. In: Ruy José Válka Alves e João Wagner de Alencar Castro (orgs.). **Ilhas Oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo**. Brasília: MMA, SBF. 2006.

WYNNE, M.J. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: second revision. **Beiheft J. Cramer**. 147pp. 2011.

YOKOYA, N.S.; PLASTINO, E.M.; BRAGA, M. do R.A.; FUJII, M.T.; CORDEIRO-MARINO, M.; ESTON, V.R. & HARARI, J. Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. 22 (2): 195-204pp. 1999.

YONESHIGUE-VALENTIN, Y.Y.; GESTINARI, L.M.S & FERNANDES, D.P.R. Capítulo 2. Macroalgas. In: Lavrado, H.P. & Ignácio, B.L. (Eds). **Biodiversidade bentônica da Região Central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira**. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 67-105pp. 2006.

ZUCCARELLO, G.C.; YEATES, P.H.; WRIGHT, J.T. & BARTLETT, J. Population structure and physiological differentiation of haplotypes of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) in a mangrove intertidal zone. **Journal of Phycology**. 37: 235-244pp. 2001.

ZUCARELLO, G.C. & WEST, J.A. Multiple cryptic species: molecular diversity and reproductive isolation in the *Bostrychia radicans/Bostrychia moritziana* complex (Rhodomelaceae, Rhodophyta) with focus on North American isolates. **Journal of Phycology**. 39: 948-959pp. 2003.