

**CARACTERIZAÇÃO DA ASSEMBLEIA DE CARANGUEJOS
CHAMA-MARÉ (BRACHYURA: OCYPODIDAE:
GELASIMINAE), NAS DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO
MANGUEZAL**

NICHOLAS KRIEGLER

SÃO VICENTE – SP

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA

**CARACTERIZAÇÃO DA ASSEMBLEIA DE CARANGUEJOS
CHAMA-MARÉ (BRACHYURA: OCYPODIDAE:
GELASIMINAE), NAS DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO
MANGUEZAL**

ALUNO: NICHOLAS KRIEGLER

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. LUCIANA CAVALCANTI MAIA SANTOS

COORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros.

SÃO VICENTE

2019

K92c Kriegler, Nicholas
Caracterização da assembleia de caranguejos chama-maré (Brachyura: Ocypodidae: Gelasiminae), nas diferentes fitofisionomias do manguezal / Nicholas Kriegler. -- São Vicente, 2019
65 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente
Orientadora: Luciana Cavalcanti Maia Santos
Coorientador: Marcelo Antonio Amaro Pinheiro

1. Biologia marinha. 2. Ecologia dos manguezais. 3. Unidades de conservação. 4. Caranguejos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE DE CARANGUEJOS CHAMA-MARÉ
(BRACHYURA: GELASIMINAE) NAS DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO
MANGUEZAL

AUTOR: NICHOLAS KRIEGLER

ORIENTADORA: LUCIANA CAVALCANTI MAIA SANTOS

COORIENTADOR: MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em BIODIVERSIDADE DE
AMBIENTES COSTEIROS, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. LUCIANA CAVALCANTI MAIA SANTOS
Campus Pirituba / IFSP



Dr. PATRICIO ALEJANDRO HERNÁNDEZ BOVÉ
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista / UNESP



Prof. Dr. LUIS FELIPE DE ALMEIDA DUARTE
Pós Doutorado - Universidade Federal de São Paulo - Campus Baixada Santista - SP

São Vicente, 12 de março de 2019

*Aos meus irmãos,
Klaus Kriegler (biólogo e fotógrafo) e
William Andrew Kriegler (futuro
geólogo), meus melhores amigos.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luciana e William, por sempre acreditarem em mim, e aos meus irmãos, Klaus e William, a quem dedico esse trabalho.

À família que eu cultivei aqui, por todo o apoio e descontração, levo vocês pra vida.

A todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento concedido, via meu projeto (FAPESP #2017/13510-8) e via Projeto Uçá-Clima (FAPESP #2014/50438-5).

RESUMO

Os Gelasiminae, subfamília à qual pertencem os popularmente conhecidos caranguejos chama-marés, tem um importante papel como “engenheiros” do ecossistema manguezal, tendo sua distribuição espacial limitada por fatores ambientais. Neste contexto, torna-se essencial a condução de uma análise interdisciplinar sobre os habitats ocupados pelas espécies de caranguejos chama-marés, integrando dados ecológicos e do ecossistema que habitam, com dados espaciais oriundo de geotecnologias, como sensoriamento remoto e o SIG (Sistema de Informação Geográfica). O presente estudo caracteriza a distribuição espacial e a estrutura da assembleia dos caranguejos chama-marés (Brachyura: Ocypodidae: Gelasiminae), em três fitofisionomias de manguezal, e sua relação com os parâmetros ambientais. As fitofisionomias apresentaram distinção quanto à estrutura do bosque de manguezal, com árvores de maior altura e diâmetro na margem, evidenciando uma maior maturidade e estabilidade ambiental. Esses valores decaem em direção ao “apicum”, onde a vegetação é predominantemente arbustivo-herbácea. O sedimento foi mais argiloso na margem, onde a inundação pelas marés é maior, e mais arenoso na transição e “apicum”, onde a hidrodinâmica é mais baixa. Devido a essas características distintas, foram estabelecidos diferentes tamanhos do quadrado de amostragem para cada subárea, com diferentes números de réplicas: 20 réplicas do quadrado de 30x30cm na margem; 15 réplicas do quadrado de 50x50cm na transição; e 20 réplicas do quadrado de 30x30 no “apicum”. Na margem foram encontradas duas espécies do gênero *Leptuca* (*L. uruguayensis* e *L. thayeri*); na transição, além dessas espécies, foram encontradas também duas do gênero *Minuca* (*M. vocator* e *M. rapax*); e no “apicum”, por sua vez, estiveram presentes apenas *M. rapax* e *L. uruguayensis*. O tamanho médio dos caranguejos foi menor na margem, aumentando nas outras fitofisionomias. A distribuição das espécies foi agregada na margem e transição, porém uniforme no “apicum”, o que está associado, principalmente, à densidade da vegetação, além da ação conjunta de outros parâmetros ambientais.

Palavras-chave: amostragem, apicum, dispersão, distribuição, Juréia, *Leptuca*, *Micuca*.

ABSTRACT

The Gelasiminae, subfamily which belong the popularly known fiddler-crabs, has an important role as mangrove ecosystem engineers, but some factors limits its spatial distribution. In this context, integrative and interdisciplinary analyses about the habitats of fiddler-crabs become essential to understand ecological patterns, by integration of ecologic data in remote sensing and GIS (Geographical Information System) tools. The present study characterize the spatial distribution and assemblage structure of these crabs (Brachyura: Ocypodidae: Gelasiminae), in three different mangrove phytophysionomies, and their relation with environmental parameters. Phytophysionomies distinguished the structure of the mangrove forest, with trees of greater height and diameter at the margin, showing a more mature environment. These values decay towards the “apicum”, where the vegetation is predominantly shrub. The sediment is more clayey in the margin where the flood by the tide is larger, and sandier in the transition and “apicum”, where hydrodynamics are lower. Due to these distinct characteristics, different sizes of the sampling square were established for each subarea, with different numbers of replicas: 20 replicas of the square of 30x30cm in the Margin, 15 replicas of the square of 50x50cm in the Transition and 20 replicas of the square of 30x30 in the ”apicum”. In the margin were found two species of *Leptuca* genera (*L. uruguayensis* and *L. thayeri*); in the transition, in addition to the previous species, were found two species of *Minuca* genera (*M. vocator* and *M. rapax*); in “apicum”, only *M. rapax* and *L. uruguayensis* were present. The mean size of the crabs was smaller in the margin, increasing in the other phytophysionomies. The distribution of the species is aggregated in the margin and transition, but uniform in the “apicum”, a factor that appears to be associated, mainly, with the density of the vegetation, which in turn is a reflection of the other environmental parameters.

Keywords: apicum, dispersion, distribution, Juréia, *Leptuca*, *Micuca*, sampling.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	6
RESUMO	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	19
3. ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.1. Panorama geral da área.....	20
3.2. Rio Una do Prelado	20
4. METODOLOGIA	23
4.1. Estabelecimento da área de estudo	23
4.2. Descrição das fitofisionomias observadas	24
4.3. Mapeamento da área.....	26
4.4. Caracterização ambiental.....	28
4.4.1. Parâmetros edáficos	28
4.4.2. Nível de inundação pelas marés	28
4.4.3. Composição e densidade da vegetação	29
4.5. Caracterização da assembleia de chama-marés	30
4.5.1. Quadrado ideal de amostragem	30
4.5.2. Número de réplicas.....	31
4.5.3. Índice de dispersão	31
4.5.4. Composição da assembleia de chama-marés	32
4.6. Análises estatísticas	34
5. RESULTADOS.....	35
5.1. Mapeamento da área.....	35
5.2. Caracterização ambiental.....	37
5.2.1. Parâmetros edáficos	37
5.2.2. Nível de inundação pelas marés	39
5.2.3. Composição e densidade da vegetação	40
5.3. Análise da assembleia de chama-marés.....	43
5.3.1. Quadrado ideal de amostragem e número mínimo de réplicas.....	43
5.3.2. Índice de dispersão	45
5.3.3. Composição da assembleia de chama-marés	45
6. DISCUSSÃO	52

7. CONCLUSÕES	57
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas únicos na superfície terrestre, ocorrendo nas zonas costeiras tropicais e subtropicais, na confluência entre os ambientes terrestre e marinho de 123 países, e ocupando, atualmente, uma área total de 137.760 km² (Alongi, 2002; Spalding *et al.*, 2010; Alongi, 2016). Apesar de sua vasta ocorrência, os bosques de manguezal podem ser considerados estruturalmente simples (Alongi, 2016), totalizando 73 espécies vegetais (e seus híbridos), pertencentes a 20 famílias (Alongi, 2002, Spalding *et al.*, 2010). Importante destacar que na região equatorial a biomassa dos manguezais chega a se equiparar à biomassa das florestas tropicais (Alongi, 2016).

Sendo um ecótono, possui características adaptativas que permitem sua manutenção. Suas espécies são halófitas facultativas, tolerando a grande variação de salinidade do ambiente. Outras adaptações morfofisiológicas também são fundamentais, assegurando sobrevivência no solo lamoso e anóxico, como as raízes aéreas e pneumatóforos, além da reprodução por embriões vivíparos e propágulos, que facilitam sua dispersão (Alongi, 2002; Schaeffer-Novelli *et al.*, 2016). Devido a menor influência das marés e baixa taxa de precipitação, algumas áreas mais periféricas dos manguezais caracterizam uma fitofisionomia especial, denominada “apicum” ou planície hipersalina de marés (Albuquerque *et al.*, 2014; Schaeffer-Novelli *et al.*, 2016). No “apicum”, geralmente localizado em uma área de microtopografia mais elevada, a elevada salinidade do solo faz com que sua vegetação seja primordialmente composta por plantas arbustivas ou herbáceas, apresentando uma maior ou menor colonização das plantas típicas do manguezal, dependendo da influência climática (Albuquerque *et al.*, 2014).

Devido às suas características, os manguezais e seus “apicuns” providenciam um grande acúmulo de nutrientes, sustentando uma expressiva diversidade de espécies animais e servindo como “berçários” e alimentação para muitos animais marinhos, dulcícolas e terrestres, como mamíferos, aves, répteis, peixes e crustáceos (Kathiresan & Bingham, 2001). Nos países em desenvolvimento, os manguezais são de extrema importância para as populações humanas tradicionais, pois sustentam relevantes fontes de recursos econômicos e de subsistência, sendo, por isso, considerados sistemas sócio-ecológicos (Alongi, 2002; Santos *et al.*, 2017).

Dentre as espécies animais existentes no manguezal, os crustáceos decápodos figuram como as mais abundantes (Ellison, 2008), com as famílias Grapsidae e Ocypodidae correspondendo em alguns casos a 80% da riqueza local (Tan & Ng, 1994). Em Ocypodidae, o caranguejo-uçá tem sido o foco de muitos estudos bioecológicos (Pinheiro *et al.*, 2005; João & Pinheiro, 2018; Pinheiro *et al.*, 2018) por sua importância socioeconômica e ampla distribuição, sendo considerado como indicador de qualidade dos manguezais (Duarte *et al.*, 2016, 2017) e de mudanças climáticas (Schaeffer-Novelli *et al.*, 2016).

Ainda em Ocypodidae, a subfamília Gelasiminae Miers, 1886, que compreende os caranguejos chama-marés (Shih *et al.*, 2016), tem um importante papel como “engenheiros” do ecossistema manguezal, por modificarem parâmetros bióticos e abióticos do ambiente, disponibilizando recursos para outras espécies (Kristensen, 2008). Os chama-marés constroem galerias no sedimento do manguezal e se alimentam de microalgas, bactérias e detritos orgânicos (Kristensen, 2008; Geist *et al.*, 2012). Ao escavarem suas galerias, esses caranguejos modificam a topografia e biogeoquímica do sedimento, enquanto que sua alimentação acelera o processo de decomposição e a distribuição dos nutrientes no solo (Kristensen, 2008).

A distribuição espacial das espécies de caranguejos no manguezal ocorre em função de vários fatores abióticos, que podem gerar diferentes padrões de densidade em função, por exemplo, da diversidade vegetal do bosque de manguezal, ou mesmo como resposta ao seu comportamento social e alimentar (Geist *et al.*, 2012). Para as espécies de caranguejos chama-marés, alguns fatores podem limitar sua distribuição espacial, como a granulometria do sedimento, a disponibilidade de matéria orgânica associada ao sedimento e o microclima (Ringold, 1979). Em regiões tropicais e subtropicais, por exemplo, variações térmicas diárias e sazonais, não são determinantes à distribuição desses animais, tendo em vista que são tênues e pouco significativas (Thurman *et al.*, 2013). Nesse sentido, segundo esses autores, os principais componentes que limitam a distribuição espacial dos caranguejos chama-marés nos manguezais brasileiros são a granulometria do sedimento e a osmolaridade (ou salinidade) do habitat. Apesar de a literatura indicar que esses fatores abióticos sejam centrais à distribuição espacial dos gelasimíneos de manguezal, é relevante ressaltar que a estrutura e biomassa das diferentes fitofisionomias de manguezal, bem como sua variação espaço-temporal, são fatores primordiais e estruturantes dos habitats ocupados por essas espécies.

Diante deste contexto, torna-se essencial a condução de estudos multiescalares, com visão sinóptica e multitemporal, sobre os habitats das espécies de caranguejos chama-marés, por meio da integração de dados ecológicos dessas espécies e do ecossistema manguezal. Para tal, a utilização de dados espaciais obtidos com o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e o SIG (Sistema de Informação Geográfica), constituem ótimas ferramentas para tal finalidade (Santos & Bitencourt, 2016; Santos *et al.*, 2016). O sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite que a informação sobre um objeto, área ou fenômeno, possa ser obtida sem qualquer contato físico direto, baseando-se na interação da radiação eletromagnética e os diferentes materiais da cena (Lillesand *et al.*, 2008). No caso do fenômeno em investigação, as imagens produzidas por sensores remotos (p. ex., fotografias aéreas, imagens de satélites e imagens de radar), são integralizadas, processadas e analisadas em SIG por meio de técnicas de geoprocessamento, permitindo a geração e obtenção de novas informações que podem ser incorporadas aos dados de campo (Florenzano, 2002), como ocorre com os próprios dados ecológicos dos ecossistemas e sua fauna.

Com a necessidade crescente de monitorar uma grande variedade de sistemas ambientais, tanto local como globalmente, a tecnologia de sensoriamento remoto vem sendo cada vez mais utilizada por pesquisadores, tendo evoluído muito nas últimas décadas (Pettorelli *et al.*, 2018). O uso do SIG e do sensoriamento remoto são vantajosos no estudo dos manguezais, pois proporciona uma análise rápida, precisa e de baixo custo (Green *et al.*, 1998; Heuman, 2011; Kuenzer *et al.*, 2011; Santos e Bitencourt, 2016). Essas tecnologias têm desempenhado um papel central na detecção e análise de mudanças espaço-temporais, bem como na extensão e no padrão espacial das florestas de manguezal, sejam eles decorrentes de forças naturais e/ou de ações antrópicas, na análise da fito/biomassa e de características estruturais da vegetação (Heuman, 2011; Kuenzer *et al.*, 2011).

Num contexto nacional, nas últimas três décadas, o uso das ferramentas de sensoriamento remoto e SIG vêm se intensificando para o estudo dos manguezais brasileiros, gerando resultados relevantes ao conhecimento ecológico deste ecossistema e do uso sustentável dos seus recursos frente às pressões antrópicas (Santos & Bitencourt, 2016). Apesar dessas potencialidades, estudos que buscam relacionar o padrão espacial desses habitats com o de uma comunidade endêmica, como dos caranguejos chama-marés, são incomuns (vide Santos *et al.*, 2016).

Pelo exposto, técnicas de sensoriamento remoto e SIG, em conjunto com as informações ecológicas obtidas para os caranguejos chama-marés e manguezais, proporcionam uma análise integrativa e interdisciplinar, desde o nível de população, passando pelas comunidades e ecossistemas, até alcançar o nível de paisagem. Assim, tal abordagem multi-hierárquica, com uso de ferramentas ecológicas e geoespaciais, se mostra uma importante perspectiva ao estudo dos manguezais e de sua fauna associada. Assim, fornece subsídios ao planejamento ambiental e conservação, explorando melhor as diferentes alterações espaço-temporais que podem ocorrer nos habitats de manguezal, sejam elas decorrentes de mudanças climáticas locais e regionais ou como em consequência da distribuição espacial da comunidade de caranguejos chama-marés.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi caracterizar a distribuição espacial e a estrutura da comunidade dos caranguejos chama-marés (Brachyura: Ocypodidae: Gelasiminae), nas diferentes fitofisionomias de manguezal, identificando quais os parâmetros abióticos ou bióticos apresentam maior poder explicativo na determinação desse padrão.

Os objetivos específicos foram,

- Identificar as diferentes fitofisionomias de manguezal, caracterizando-as em relação aos fatores abióticos (nível de inundação pelas marés e físico-química do sedimento) e bióticos (altura e densidade do bosque);
- Mapear e quantificar as diferentes fitofisionomias através do sensoriamento remoto e SIG;
- Estabelecer o tamanho ideal do quadrado de amostragem para caranguejos chama-marés, bem como número mínimo de réplicas, nas diferentes fitofisionomias;
- Determinar a distribuição espacial, estrutura e densidade populacional dos caranguejos chama-marés, nas diferentes fitofisionomias, caracterizando a comunidade desse grupo taxonômico.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Panorama geral da área

O estudo foi realizado no Estuário do Rio Una do Prelado, localizado no Município de Peruíbe (Estado de São Paulo). Esse estuário está inserido na Estação Ecológica Juréia-Itatins (EEJI), desaguando diretamente no Oceano Atlântico (Figura 1).

A EEJI é uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral, com aproximadamente 80.000 ha, e foi estabelecida através do Decreto Estadual nº 24.646, de 20 de janeiro de 1986, complementado pela Lei nº 5.649, de 28 de abril de 1987, após grande disputa com o setor imobiliário e a pretensa intenção de instalar usinas nucleares na região. A UC está localizada entre os municípios de Iguape, Peruíbe, Miracatu e Itariri, estando compreendida entre as latitudes 24°20' e 24°40' S e longitudes 47°00' e 47°30' O. Possui um dos trechos de Mata Atlântica mais bem preservados do Brasil, além de praias arenosas, costões rochosos, manguezais e restingas praticamente intocados (Por & Imperatriz-Fonseca, 1984).

O clima da região caracteriza-se como Tropical Úmido, com grande influência das massas polares, não apresentando uma estação seca definida, segundo a classificação climática de Köppen (Alvares *et al.*, 2014). O total anual médio de pluviosidade foi de 2.277,8 mm, com período mais chuvoso de janeiro a março, e o menos chuvosos de junho a agosto. A temperatura média anual variou de 19°C (mínima) a 25,8°C (máxima), com as maiores médias de janeiro a março e as menores nos de junho a agosto (Tarifa, 2004).

3.2. Rio Una do Prelado

A EEJI é drenada pelo Rio Una do Prelado (ou simplesmente Rio Una), com mais de 100 km de comprimento, além de outros rios menores (rios Verde e o Guaraú) e vários riachos litorâneos (Por, 2004). O Rio Una é o único que apresenta uma extensa área de manguezal, principalmente próximo à desembocadura (Ilha do Ameixal), porém são encontrados manguezais até 15 km rio acima, devido à baixa declividade da planície costeira (Por, 2004) (Figura 2). Suas águas são escuras (Tupi-guarani, “una” = escuro, cor de chá), coloração decorrente dos ácidos húmicos provenientes do material vegetal

incompletamente decomposto, transportado das áreas de restinga desde seus afluentes (Por *et al.*, 1984).

LOCALIZAÇÃO DA E. E. JURÉIA-ITATINS E MUNICÍPIOS VIZINHOS, SÃO PAULO, BRASIL

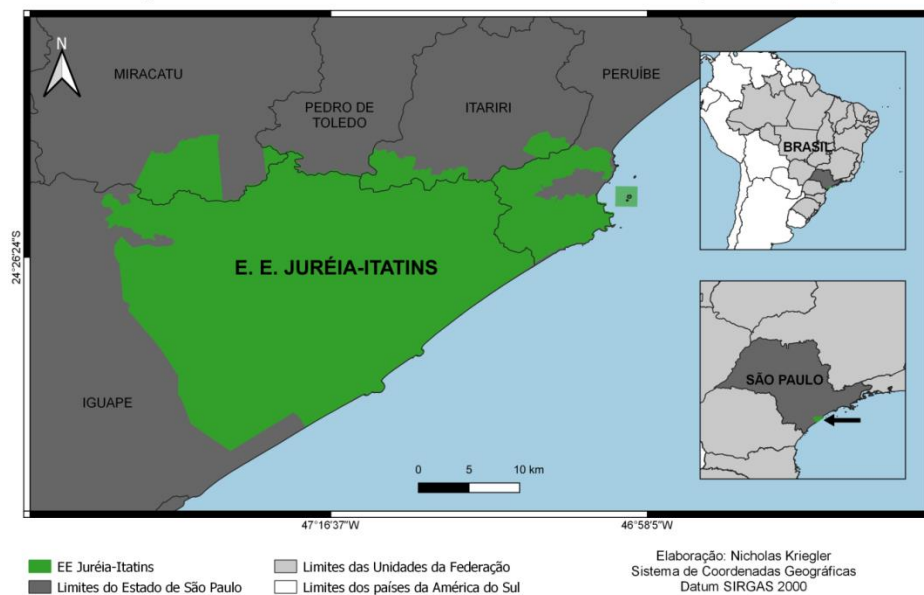


Figura 1: Mapa da Estação Ecológica Juréia-Itatins (EEJI), evidenciando os limites dos municípios que a compõem.

LOCALIZAÇÃO DO RIO UNA DO PRELADO, E. E. JURÉIA-ITATINS, SÃO PAULO, BRASIL

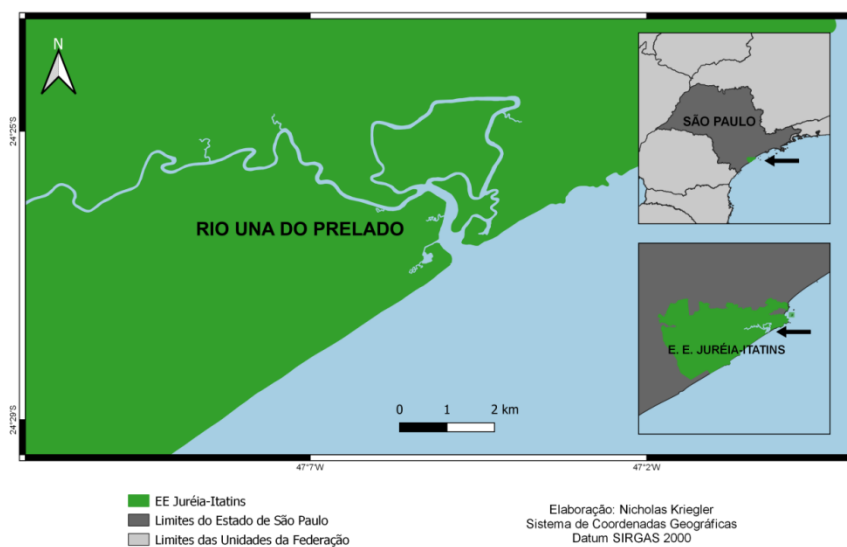


Figura 2: Estuário do Rio Una do Prelado, Município de Peruíbe (SP), indicado pelas setas nos mapas menores.

Segundo Por *et al.* (1984), o ácido húmico é responsável pelo pH extremamente baixo do rio, o que também é reconhecido para alguns rios de água escura na Bacia

Amazônica (p. ex., Rio Negro). Essa condição de baixo pH (mínimo registrado de 3,3) acontece principalmente nos meses de maior intensidade chuvosa, em conjunto com a baixa influência da maré. Entretanto, em meses de pouca chuva e marés extremas, a água do mar penetra muito acima no rio, fazendo com que a água se alcalinize (máximo registrado 8,1) em todo o sistema. Essa grande mudança, em um curto período de tempo, influenciada pela entrada da água do mar e, portanto, associada à salinidade, caracteriza o Rio Una como um ambiente único.

Apesar de ser considerado o único manguezal intocado do Estado de São Paulo (Por & Imperatriz-Fonseca, 1984), a região abriga uma comunidade caiçara, composta por aproximadamente 30 famílias, subsistindo principalmente da pesca e, mais recentemente, de atividades ligadas ao turismo (Sanches, 2004). Isso deixa a região em uma situação complexa, com questões envolvendo políticas sociais, econômicas e ambientais, que devem ser levadas em consideração na preservação desse ambiente.

4. METODOLOGIA

4.1. Estabelecimento da área de estudo

A área de estudo (Figura 3), escolhida para a realização do trabalho, vem sendo intensamente estudada em projeto de longa duração, intitulado Projeto Uçá-Clima, financiado pela FAPESP / Fundação Grupo Boticário (Proc. nº 2014/50438-5), com o qual este estudo atuou de forma colaborativa.

Uma coleta preliminar foi realizada em fevereiro/2017, para averiguar a presença dos animais modelo desse estudo, os caranguejos chama-marés, bem como para teste de viabilidade do projeto. Nessa coleta, foram visualmente estabelecidas as fitofisionomias do manguezal, que são subáreas pertencentes ao mesmo ecossistema, porém com características estruturais distintas, percebidas principalmente pela diferença na vegetação do bosque. As fitofisionomias são descritas a seguir.

LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO, E. E. JURÉIA-ITATINS, PERUÍBE-SP

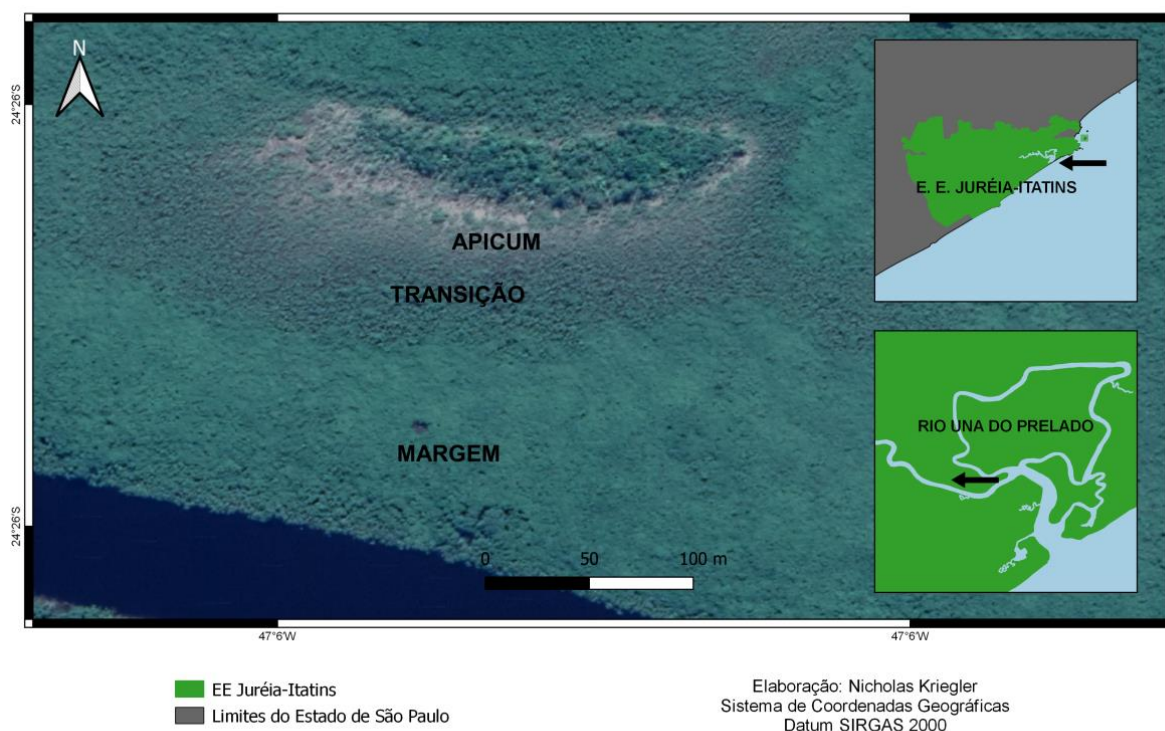


Figura 3: Estuário do Rio Una do Prelado, Município de Peruíbe (SP), evidenciando o local de coleta e as diferentes fitofisionomias de manguezal.

4.2. Descrição das fitofisionomias observadas

A primeira fitofisionomia observada se iniciava próximo ao curso d'água. Nela observa-se um bosque com predomínio do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*). As árvores são altas (aprox. 6 metros), com evidente espaçamento entre si, formando um dossel que mantém toda a região intensamente sombreada. Em menor quantidade foram encontrados alguns exemplares do mangue-branco (*Laguncularia racemosa*), também de grande porte, e algumas bromélias. O solo foi lamoso. Essa feição se estende da margem do curso d'água até uma distância de aproximadamente 160 metros bosque adentro, onde as árvores tendem a ser menores e mais densas. Essa fitofisionomia foi denominada como Bosque de Margem ou simplesmente MARGEM (M) (Figura 4).



Figura 4: Fitofisionomia MARGEM (M), onde se observam árvores de grande porte formando um dossel fechado em solo lamoso.

Atravessando essa região, observa-se uma mudança brusca na vegetação. Em uma extensão de aproximadamente 30 metros, foi encontrado um bosque denso de *L. racemosa*. Apenas uns poucos exemplares de *R. mangle* foram observados. Além de mais densas, essas árvores são também de menor porte (aprox. 3 metros), não chegando

a formar um dossel. O solo dessa região aparenta ser menos lamoso, abrigando a fitofisionomia denominada TRANSIÇÃO (T) (Figura 5).



Figura 5: Fitofisionomia TRANSIÇÃO (T), onde se observam árvores de menor porte e sem formação de dossel em solo lamoso.

A terceira e ultima fitofisionomia observada se estendeu por aproximadamente 50 metros, findando em um pequeno bosque de Mata Atlântica. A vegetação dessa feição foi extremamente esparsa, com elevada exposição de seu solo, que foi arenoso. A predominância observada também foi de *L. racemosa*, compreendendo indivíduos de porte reduzido (< 2 metros), a maioria deles arbustivos. Alguns exemplares de *R. mangle* também puderam ser observados, também de pequeno porte, bem como exemplares do samambaião (*Acrostichum aureum*). Essa fitofisionomia foi denominada de Planície Salina, mas no presente estudo será tratada pela nomenclatura estabelecida por Schaeffer-Novelli (1986): APICUM (A) (Figura 6).



Figura 6: Fitofisionomia APICUM (A), caracterizada por vegetação arbustiva e/ou herbácea em solo arenoso exposto.

4.3. Mapeamento da área

Para estabelecer os limites de cada fitofisionomia, foi realizado um mapeamento da área de estudo utilizando ferramentas de sensoriamento remoto. Para tal, uma imagem de satélite da região foi obtida através de cadastro no site <http://geocatalogo.mma.gov.br>, um catálogo online do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que fornece um banco de dados de imagens do satélite *RapidEye*. As informações sobre o satélite estão sumarizadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características da imagem de satélite utilizada no mapeamento da área de estudo.

Satélite/Sensor	Resolução Espacial (m)	Bandas	Data	Resolução Radiométrica
REIS (RapidEye Earth Imaging System)	5	Blue(1) Green (2) Red (3) Red Edge (4) Infra-red (5)	2015-06-09	12 bites

A imagem utilizada para o mapeamento foi a mais recente disponibilizada, referente a 2015. Para tal, foi utilizado o *SIG SPRING* (Sistema de Processamento de Informação Geográfica) *Versão 5.5.0 para Windows*, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e disponibilizado gratuitamente.

O primeiro passo foi delimitar a área da imagem para focar apenas na região de interesse do estudo. Um retângulo envolvente foi definido e uma composição colorida foi gerada, utilizando-se as bandas 3 (red), 4 (red edge) e 5 (infra-red) nas camadas R, G e B, respectivamente. Tal composição foi proposta por Santos *et al.* (2017), como sendo aquela que melhor evidenciou os diferentes tipos de vegetação. O próximo passo foi realizar uma análise visual para reconhecimento das diferentes fitofisionomias e demais classes da paisagem (p. ex., Mata Atlântica). Essa é uma técnica qualitativa de análise, e conforme recomendado por Florenzano (2002) e Dahdouh-Guebas *et al.* (2006), se baseia nos elementos da imagem (p. ex., tom/cor, textura, forma e localização), facilitando a fotointerpretação. Esses elementos de imagem estão apresentados na Tabela 2, no formato de uma Chave de Interpretação.

Tabela 2: Chave de interpretação dos elementos de imagem, com as cinco classes identificadas e os elementos para reconhecê-las.

Classes	Cor	Textura	Localização
Água	Verde escuro	Lisa	Próxima à Margem ou Floresta Atlântica
Mata Atlântica	Laranja	Rugosa	Áreas mais elevadas
Margem	Verde claro	Média	Próxima aos corpos d'água
Transição	Cinza escuro	Fina	Entre a Margem e o Apicum
Apicum	Azul/cinza claro	Muito fina	Entre Transição e Floresta Atlântica

Posteriormente, foi realizada uma classificação supervisionada, mapeando as diferentes fitofisionomias do manguezal (M, T e A). Essa classificação consistiu de uma técnica qualitativa que reconhece padrões e objetos homogêneos. Para tal, foi utilizada a técnica de classificação da máxima verossimilhança (*MAXVER*), que é uma das mais comuns utilizadas para esse propósito. Essa técnica identifica na imagem os pixels

estatisticamente similares e os agrupa sob uma mesma classe, que foi previamente definida pelo operador do SIG e indicada ao programa através de um “treinamento”.

Para a confirmação da veracidade das informações obtidas pelo processamento da imagem, foram selecionados pontos de reconhecimento, consistindo em 10 amostras de coordenadas geográficas em cada fitofisionomia, obtidos em campo através de um aparelho de GPS (*Global Positioning System*) da marga *Garmin*[®]. Esses dados foram utilizados para comparação dos dados com uma “verdade de campo”, através do Coeficiente Kappa (Cohen, 1969), um método estatístico que avalia o nível de concordância ou reprodutibilidade em um conjunto de dados. Esse coeficiente varia de 0 a 1, sendo que os valores mais próximos de 1 são aqueles mais fieis à realidade.

4.4. Caracterização ambiental

4.4.1. Parâmetros edáficos

Em cinco pontos em cada fitofisionomia foi realizada uma amostragem composta de sedimento (aprox. 1 kg) da superfície do solo (<10 cm), evitando raízes, folhas ou locais com bioturbação (Pinheiro & Almeida, 2015). O sedimento foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e transportados ao laboratório, onde foram congelados até o momento de seu envio ao Laboratório “Ciência em Solo”, com sede na cidade de São José do Rio Preto (SP).

Com o sedimento coletado, foi estabelecida a composição granulométrica em 5 frações arenosas, segundo a escala de Wentworth (1922), a saber: AMG, areia muito grossa: 1-2 mm; AG, areia grossa: 0,5-1 mm; AM, areia média: 0,25-0,5 mm; AF, areia fina: 0,15-0,25 mm; e AMF, areia muito fina: 0,05-0,15 mm), por peneiramento diferencial além das frações silte (0,002-0,05 mm) e argila (<0,002 mm), por pipetagem. Os dados sobre a granulometria foram analisados no programa *Sysgran* (Camargo, 2006) para a obtenção do tamanho médio do grão (TMG, convertido de sua base logarítmica – $-\log_2^{\emptyset}$, onde $\emptyset$ é o diâmetro médio do grão (em mm) – para a correspondente média de diâmetro da partícula em milímetros). Também foi solicitada a quantificação da matéria orgânica (MO, em g/dm⁻³) presente no sedimento.

4.4.2. Nível de inundação pelas marés

O nível de inundação foi estabelecido medindo-se a distribuição vertical máxima do “Bostrychietum”, que é o agrupamento de macroalgas associadas à base dos troncos das árvores e rizóforos (Ventura & Lana, 2014). Para tal, em cada uma das fitofisionomias foram selecionadas 50 árvores, das quais foi medida com auxílio de uma fita métrica a distribuição vertical de cobertura pelas algas, desde o solo até a parte mais alta, conforme recomendado por Wunderlich & Pinheiro (2013), Pinheiro & Almeida (2015) e Pinheiro *et al.* (2018).



Figura 7: Altura do “Bostrychietum” (distribuição vertical do agrupamento de macroalgas), medida com auxílio de uma fita métrica, para inferir sobre o nível de inundação pelas marés.

4.4.3. Composição e densidade da vegetação

Para caracterizar a composição da vegetação arbórea de cada fitofisionomia, 50 árvores adultas (>1,3m) foram identificadas, as quais passaram por biometria, com registro de duas variáveis: 1) altura (em metros), com auxílio de um clinômetro digital da marca *Haglof*[®]; e 2) perímetro do tronco a altura do peito (1,3m a contar do sedimento, em centímetros), com o auxílio de uma fita métrica, e posterior conversão

para diâmetro a altura do peito (DAP), segundo o protocolo estabelecido por Schaeffer-Novelli *et al.* (2015).

A densidade absoluta da vegetação foi calculada pela proporção de troncos vivos pela área amostrada (ind./m²). Para isso, em cada fitofisionomia foram amostrados aleatoriamente 8 quadrados de 5x5m, somando 200m²/fitofisionomia, dos quais foram identificadas as espécies arbóreas (>1,30 m), além de obtidos os dados de altura e DAP.

4.5. Caracterização da assembleia de chama-marés

As informações sobre os caranguejos chama-marés da área de estudo foram levantadas para confronto com os dados ambientais obtidos. Para isso, uma padronização do método de amostragem foi estabelecida, conforme descrito a seguir.

4.5.1. Quadrado ideal de amostragem

Em cada uma das fitofisionomias, o tamanho do quadrado ideal foi selecionado a partir do Método de Wiegert (Krebs, 1999), sendo considerado aquele que minimiza o produto da variância relativa (VRi) pelo custo relativo (CRi), este último fator representado pelo tempo decorrido desde a montagem do quadrado amostral até a finalização da contagem das galerias. Foram testados quadrados amostrais confeccionados com canos de PVC de ½”Ø, em três tamanhos: 1x1m (1m²), 0,5x0,5m (0,25m²) e 0,3x0,3m (0,09m²) (Figura 8). Para isso foi definida uma área total padrão de 3m², com definição do número de réplicas amostrais (n) para uso em cada tamanho amostral, favorecendo a comparação dos resultados obtidos, conforme segue: 1m² (n=3), 0,25m² (n=12) e 0,09m² (n=34). Nestas réplicas de cada quadrado amostral foram contabilizadas as galerias de caranguejos chama-marés, empregando o método não-invasivo, para uma maior acurácia das estimativas nesses animais (Skov & Hartnoll, 2001). Ao mesmo tempo foi cronometrado o tempo desde a montagem do quadrado até o final da contagem (Figura 9), com os dados anotados em placas de PVC para sua posterior digitalização em planilhas eletrônicas.



Figura 8: Contagem cronometrada das galerias de caranguejos na fitofisionomia TRANSIÇÃO, com quadrado de 0,5x0,5m.

4.5.2. Número de réplicas

Para definir o número de réplicas nas três fitofisionomias de manguezal, o quadrado ideal de amostragem foi posicionado contínua e paralelamente ao curso d'água, registrando-se a densidade dos chama-marés por réplica amostral. O número mínimo de réplicas foi estabelecido a partir da estabilização da variância da densidade (V) em função do aumento da área amostral em réplicas consecutivas (Krebs, 1999).

4.5.3. Índice de dispersão

O índice de dispersão (ID) dos caranguejos chama-marés foi estabelecido para cada fitofisionomia de manguezal, com base nas réplicas amostrais ("n") definidas para cada caso. Este parâmetro compreende a divisão da variância pela correspondente média de galerias nos quadrados amostrais de cada fitofisionomia (Krebs, 1999). Assim, os três tipos de dispersão (ID) foram definidos conforme segue: Agregado ($ID > 1$); Aleatória ou Casual ($ID = 1$); e Uniforme ($ID < 1$) (Figura 9). Para uma maior

permissividade estatística da dispersão aleatória (ou casual), foi estabelecida a faixa $0,9 \leq ID \leq 1,1$, sendo valores $<0,9$ estabelecidos como uniformes e $>1,1$ como agregados.

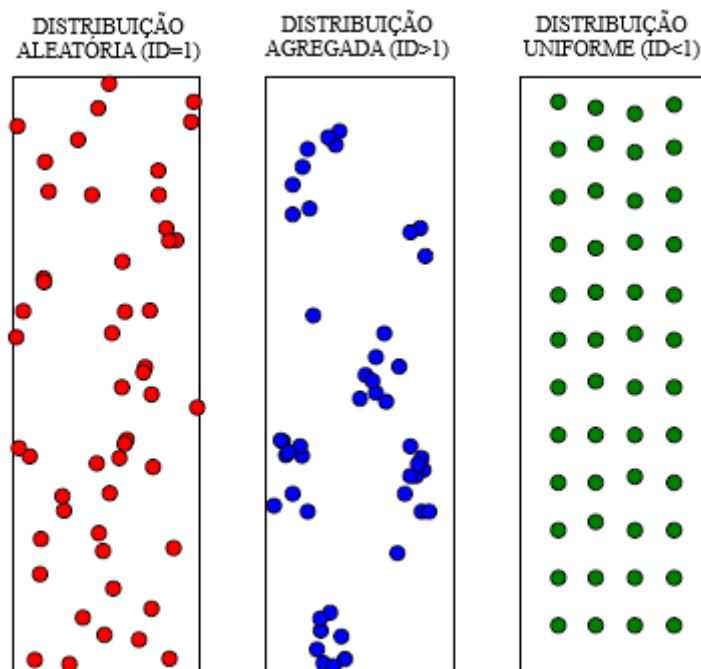


Figura 9: Esquematização dos três possíveis tipos de distribuição espacial ou dispersão (agregada; aleatória ou casual; e uniforme) dos caranguejos chama-marés no ambiente.
Fonte: adaptado de Krebs (1999).

4.5.4. Composição da assembleia de chama-marés

Após a contagem das galerias já utilizando os quadrados e número de réplicas estabelecidos pelo método, os caranguejos foram removidos de seu habitáculo (tantos quanto possíveis), com o auxílio de uma espátula em aço inox, com haste de 30 cm de comprimento, sendo acondicionados em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório para identificação. A identificação em nível de espécie foi realizada com base nos caracteres descritos por Bezerra (2012), combinado ao uso da chave de identificação de Setuko Masunari (não publicada). A largura da carapaça (LC) de cada exemplar foi medida pelo registro da maior distância entre as margens laterais do cefalotórax. A biometria foi realizada no Sistema de Análise de Imagens KS-300[®] Zeiss[®], do Laboratório de Biologia da Conservação de Crustáceos e Ambientes Costeiros (CRUSTA), da UNESP IB/CLP, acoplado a uma lupa estereoscópica

Axiolab[®] *Zeiss*[®], com precisão de 0,01mm. Os animais de maior porte tiveram o registro de LC obtido com auxílio de um paquímetro *Mitutoyo*[®], com precisão de 0,05mm.



Figura 10: Identificação dos espécimes coletados durante a realização do estudo na Estação Ecológica Juréia-Itatins (EEJI), utilizando um sistema de análise de imagens do Laboratório CRUSTA (UNESP IB/CLP)

Com o objetivo de testar se a estrutura da assembleia de caranguejos diferia entre as fitofisionomias de manguezal (Margem, Transição e Apicum), as densidades dos taxa identificados foram convertidas em uma matriz de similaridade de Bray-Curtis, e avaliada por uma PERMANOVA (Análise de Variância Multivariada Permutacional - 999 permutações), desenvolvida por Anderson (2001). Comparações entre as fitofisionomias foram realizadas através de testes pareados “a posteriori”. A visualização dos dados foi realizada por diagramas bidimensionais nMDS (escalonamento multidimensional não-métrico), também baseados nos valores de similaridade de Bray-Curtis. A análise SIMPER foi utilizada para identificar a contribuição percentual dos principais taxa na dissimilaridade das densidades dos caranguejos entre as diferentes fitofisionomias.

4.6. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram previamente submetidos a um teste de normalidade (W, Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (L, Levene). A confirmação de normalidade e homogeneidade ($p > 0,05$) permitiu a submissão dos dados a testes paramétricos (teste t ou ANOVA, seguido do teste de Tukey), segundo Sokal & Rohlf (2003). A não confirmação de normalidade e homogeneidade ($p < 0,05$) indicou testes não paramétricos (teste Mann-Whitney ou Kruskal-Wallis, com posterior teste de comparações múltiplas entre tratamentos), segundo Siegel & Castellan-Jr (1988). Todas as análises estatísticas foram estabelecidas a 5% de significância, em ambiente R 3.4.4 (R Core Team, 2018).

5. RESULTADOS

5.1. Mapeamento da área

A composição colorida realizada permitiu captar os extremos de absorbância e refletância da vegetação, com boa discriminação visual dos alvos, permitindo identificar 05 classes distintas na área de estudo, em especial as fitofisionomias do manguezal (**Margem**, **Transição** e **Apicum**), além de **Mata Atlântica** e **Água**. A classe **Água**, representada pelos braços de rio e canais de maré, apresentou uma textura lisa e cor verde escura, devido à baixa refletância desses alvos. A **Mata Atlântica** apresentou uma coloração laranja e textura rugosa, devido à alta densidade das copas da vegetação (Figura 11).

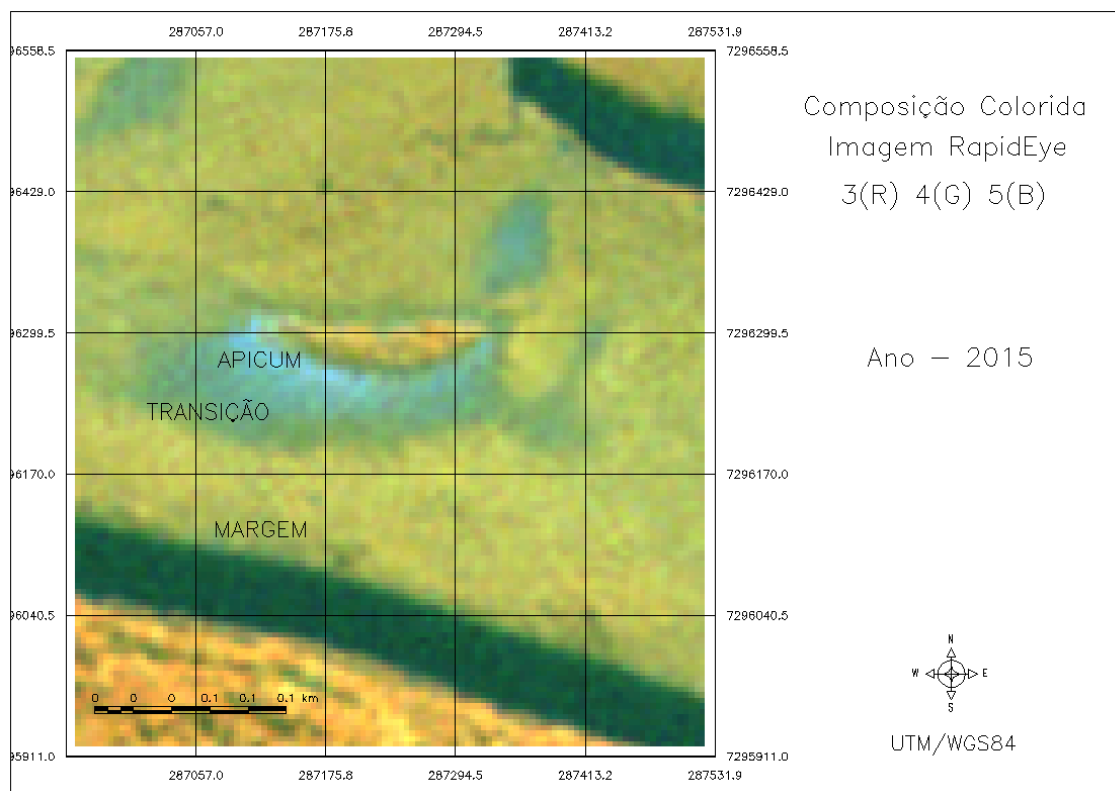


Figura 11: Composição colorida da área de estudo, evidenciando as diferentes fitofisionomias de manguezal.

Foi possível, também, diferenciar as três fitofisionomias de manguezal: **1) Margem**, localizada próxima aos canais de maré, apresentando cor verde clara e textura rugosa, pois é a fitofisionomia em que o dossel do bosque de mangue é mais denso; **2) Transição**, entre a Margem e o Apicum, com uma textura mais fina e coloração cinza

escura, geradas pela menor densidade do dossel e maior exposição do sedimento lamoso, que tem alta absorbância no espectro; e **3) Apicum**, localização posterior à Transição, representando o limite entre o manguezal e Mata Atlântica, sendo detectada por sua textura muito fina, devido à sua vegetação predominantemente herbácea e arbustiva; além disso, percebe-se a coroa arenosa do apicum nas colorações azul e cinza claras, em função da exposição do solo arenoso, com maior refletância no espectro.

A análise quantitativa dos dados através da classificação supervisionada MAXVER, apresentou alto Desempenho Geral (97%) e o resultado da análise do Coeficiente Kappa de 0,94, o que possibilitou a criação de um mapa temático muito fiel à realidade (Figura 12).

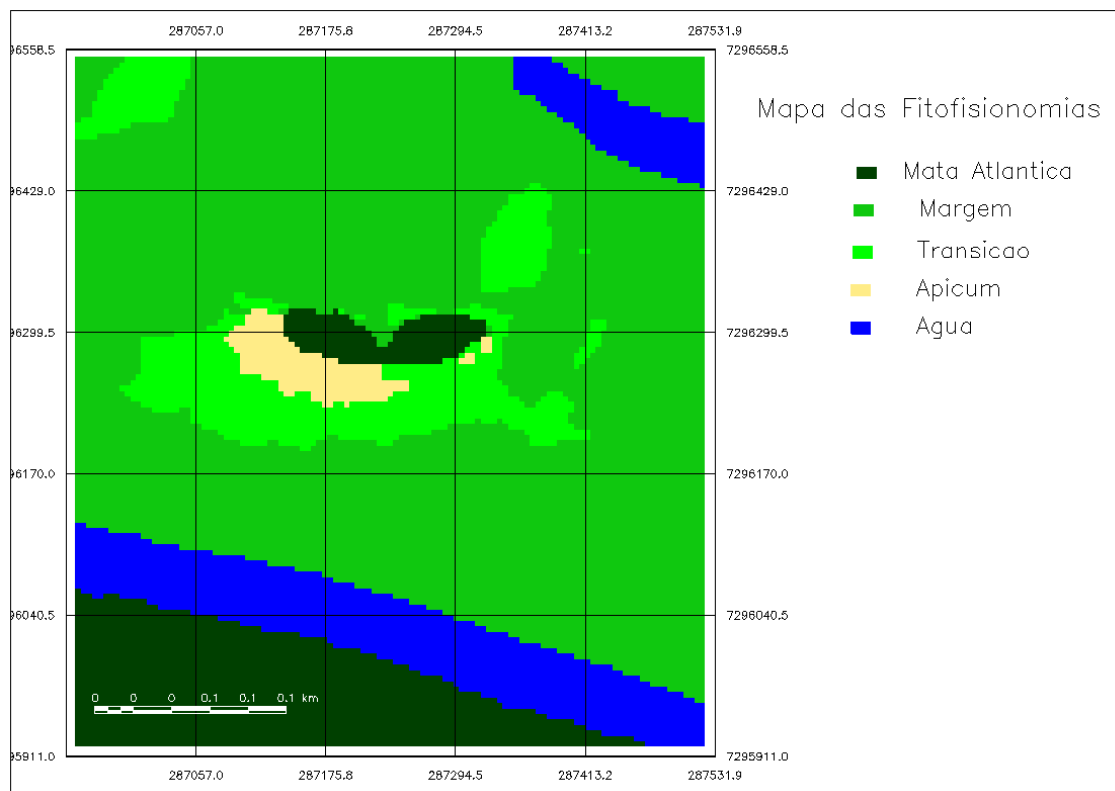


Figura 12: Mapa temático da área em estudo após classificação supervisionada MAXVER, onde são identificadas cinco classes (Mata Atlântica, Água, Margem, Transição e Apicum).

Imagens de alta resolução são ferramentas relativamente recentes no sensoriamento remoto e podem fornecer grande informação sobre os bosques de manguezal, permitindo mapear até mesmo em nível de espécie considerando a diferença nos dosséis da vegetação (Santos & Bitencourt, 2016). Assim, torna-se possível

identificar, com facilidade, as diferentes fitofisionomias de manguezal (Santos *et al.* 2017), conforme serão discutidas a frente.

5.2. Caracterização ambiental

5.2.1. Parâmetros edáficos

Nas três fitofisionomias, as principais frações obtidas pelo peneiramento foram Areia Fina (AF), Areia Muito Fina (AMF), Silte (S) e Argila (A). Observa-se, entretanto, que a Margem apresentou maior percentual (39,1%) de frações mais finas (S e A), enquanto na Transição e Apicum essas frações não chegam a representar 20% da composição (15,8% e 10%, respectivamente) (Figura 13).

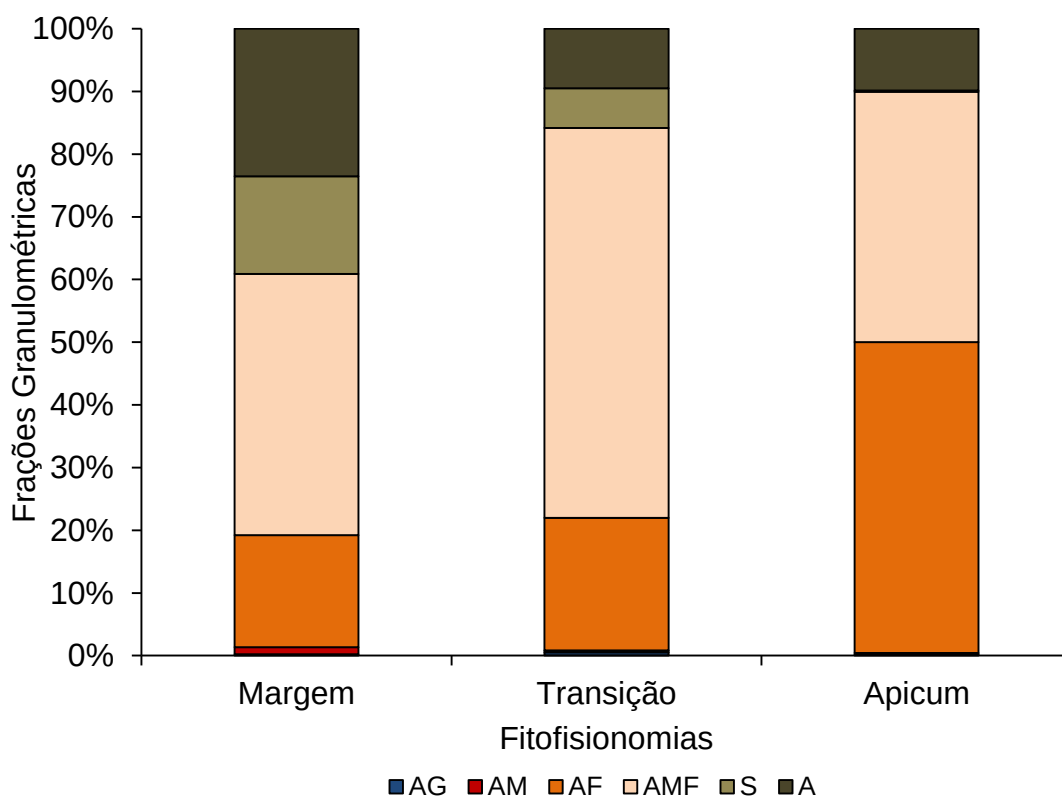


Figura 13: Proporções das frações granulométricas (em porcentagem), para cada fitofisionomia de manguezal (Margem, Transição e Apicum). Onde: AG, areia grossa; AM, areia média; AF, areia fina; AMF, areia muito fina; S, silte; e A, argila.

Segundo o Diagrama de Shepard, a granulometria do sedimento na Margem pode ser classificada como areno-argilosa, enquanto que na Transição e Apicum foi

tipicamente arenoso (Figura 14a). Além disso, o Diagrama de Pejrup indica que os sedimentos da Margem e Transição foram resultado de uma hidrodinâmica moderada (Setor II), compreendendo uma textura mais fina, em relação ao do Apicum, que foi mais arenoso e de maior granulação pela reduzida hidrodinâmica (Setor I) deste local (Figura 14b).

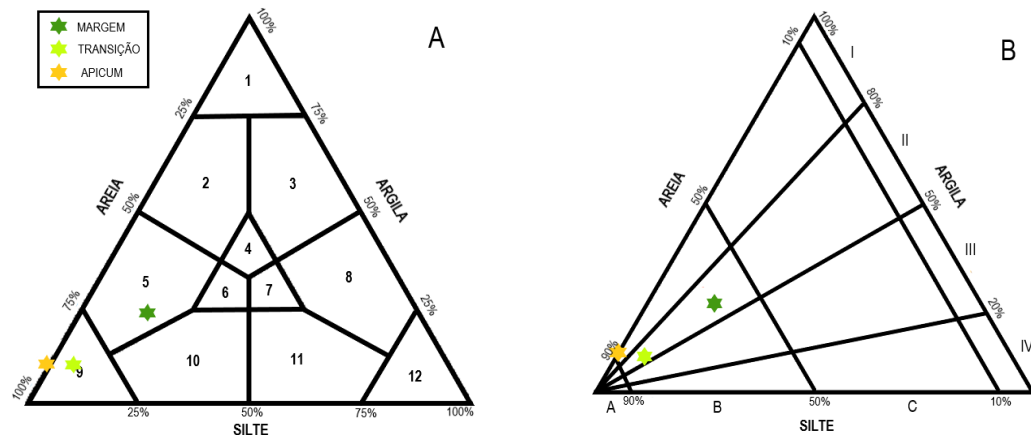


Figura 14: Diagrama de Shepard (A) com a tipologia dos sedimentos nas diferentes fitofisionomias de manguezal (margem, Transição e Apicum). Onde: 5, sedimento areno-argiloso; e 9, sedimento arenoso; e Diagrama de Pejrup (B) com os distintos setores de hidrodinâmica (I, baixa; II, moderada; III, alta; e IV, muito alta) as quais estão sujeitos os sedimentos de manguezal (em classes de teor de areia: A, 90-100%; B, 50-90%; C, 10-50%; e D, 0-10%), obtidos nas respectivas fitofisionomias

O Tamanho Médio do Grão (TMG) foi menor na Margem em relação ao Apicum ($KW=12,5$; $p<0,01$). O teor de matéria orgânica (MO) foi maior na margem ($37,4 \pm 2,0 \text{ g/dm}^{-3}$), decrescendo em relação ao apicum ($10,4 \pm 1,1 \text{ g/dm}^{-3}$) ($KW=12,5$; $p<0,01$). A transição não diferiu estatisticamente das outras fitofisionomias (Figura 15).

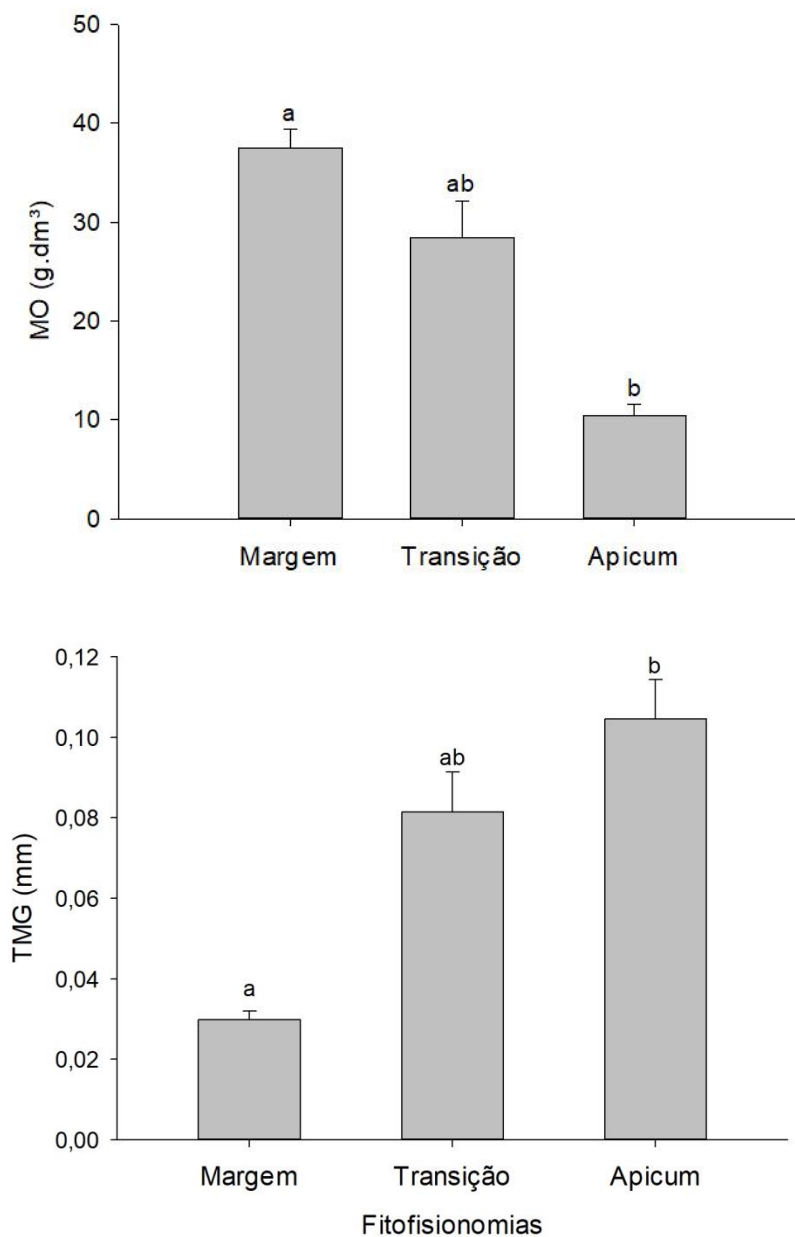


Figura 15: Quantidade de matéria orgânica (MO) e tamanho médio do grão (TMG convertido) para cada fitofisionomia (Margem, Transição e Apicum). Onde: Barra, média aritmética; linha vertical, desvio padrão da média; letras, médias associadas a letras distintas diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si.

5.2.2. Nível de inundação pelas marés

Como esperado, o nível de inundação seguiu o mesmo padrão, diferindo entre as subáreas ($KW=132,05$; $p < 0,01$), sendo maior na Margem ($31,7 \pm 6,1$ cm), seguido pela Transição e menor no Apicum ($3,7 \pm 1,7$ cm) (Figura 16).

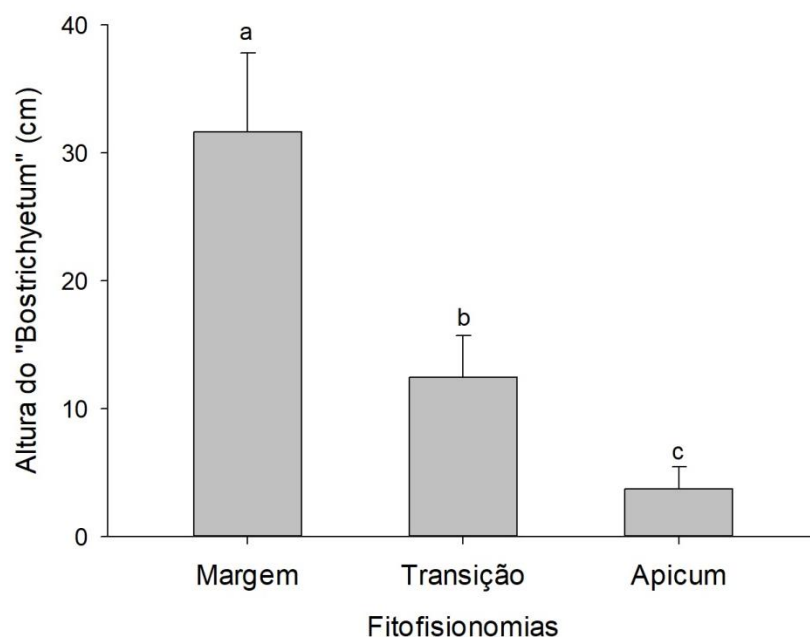


Figura 16: Nível de inundação pelas marés em cada fitofisionomia (Margem, Transição e Apicum), obtido a partir da altura do "Bostrichyetum". Onde: Barra, média aritmética; linha vertical, desvio padrão da média; letras, médias associadas a letras distintas diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si.

5.2.3. Composição e densidade da vegetação

As três fitofisionomias apresentaram variações na estrutura, composição e densidade do bosque. Na Margem, a espécie vegetal mais encontrada foi *R. mangle* (67,2%), diferentemente das outras subáreas em que a maior presença foi *L. racemosa* (Transição: 94,4%; e Apicum: 67,6%) (Figura 17). A densidade das árvores, no entanto, não diferiu entre Margem e Apicum, apresentando valores muito mais baixos do que na Transição em relação a este parâmetro (KW=18,21; $p < 0,001$) (Figura 18).

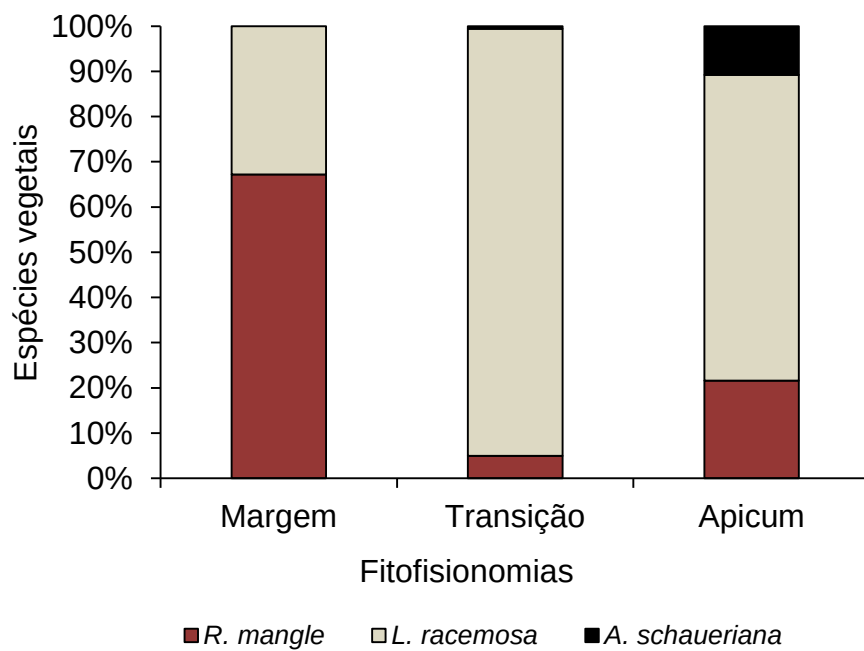


Figura 17: Espécies da vegetação arbórea de manguezal (%) encontradas em cada fitofisionomia (Margem, Transição e Apicum).

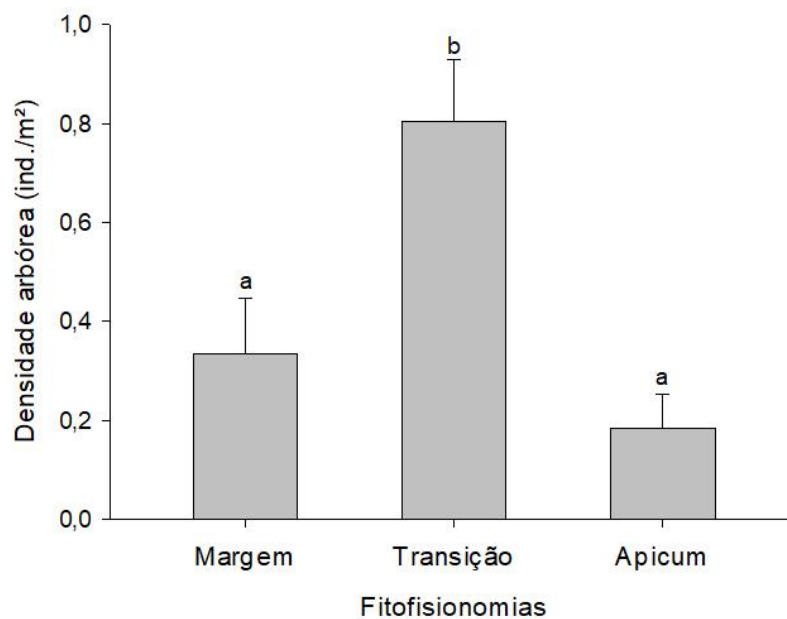


Figura 18: Densidade da vegetação arbórea de manguezal em cada fitofisionomia (Margem, Transição e Apicum). Onde: Barra, média aritmética; linha vertical, desvio padrão da média; letras, médias associadas a letras distintas diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si.

A altura das árvores diferiu entre as três fitofisionomias (KW=120,36; $p<0,001$) (Figura 19), sendo maior na Margem, seguida da Transição e, posteriormente, do Apicum. O mesmo padrão ocorreu com o DAP (KW=101,01; $p<0,001$).

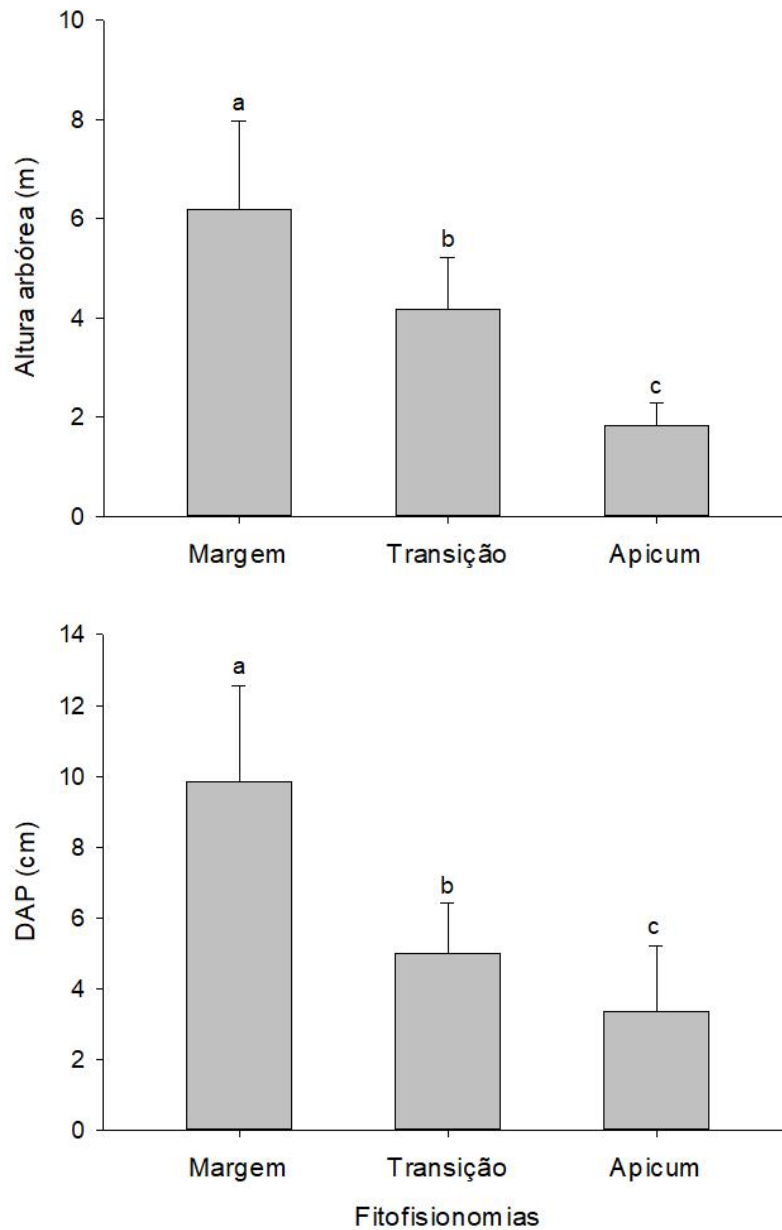


Figura 19: Altura da vegetação arbórea e diâmetro à altura do peito (DAP) para cada fitofisionomia (Margem, Transição e Apicum). Onde: Barra, média aritmética; linha vertical, desvio padrão da média; letras, médias associadas a letras distintas diferiram estatisticamente ($p<0,05$) entre si.

5.3. Análise da assembleia de chama-marés

5.3.1. Quadrado ideal de amostragem e número mínimo de réplicas

De modo geral, o menor tempo de contagem de galerias foi observado no menor quadrado amostral (0,3x0,3 m), enquanto que a menor variância foi observada no maior quadrado amostral (1x1 m). Na fitofisionomia Margem, o Método de Wiegert selecionou o menor quadrado como sendo o ideal ($W=3,35$), tendo ocorrido o mesmo para a fitofisionomia Apicum ($W=6,90$). Na Transição, por sua vez, o quadrado de tamanho intermediário (0,5x0,5 m) se mostrou ideal para estabelecer a densidade ($W=2,84$). Os dados estão sumarizados na Tabela 3.

O número de réplicas para cada subárea foi similar para a Margem e Apicum, com indicação de 20 réplicas, enquanto na Transição o número de réplicas foi menor, compreendendo 15 réplicas (Figura 20).

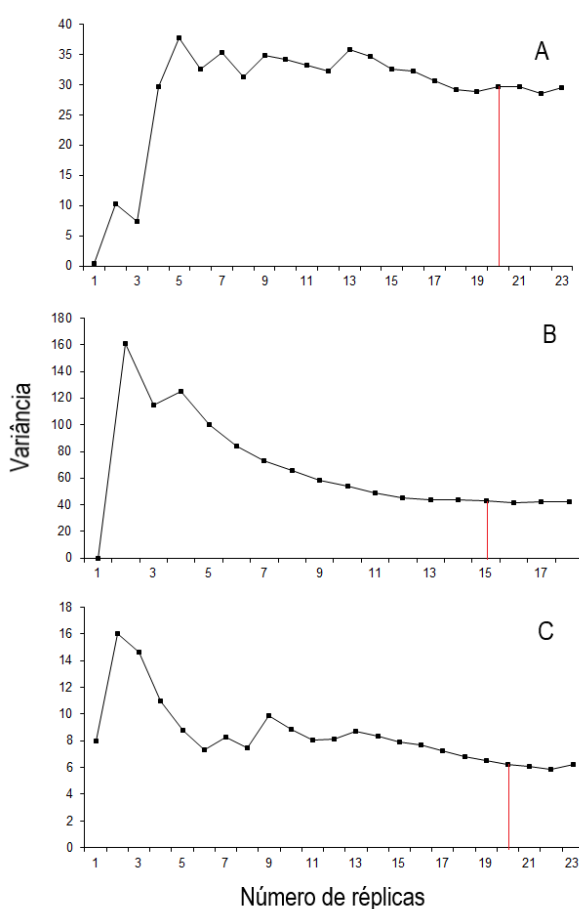


Figura 20: Número mínimo de réplicas estabelecido para cada fitofisionomia de manguezal: A, Margem: $N=20$; B, Transição: $N=15$; e C, Apicum: $N=20$.

Tabela 3: Determinação do quadrado ideal de amostragem pelo Método de Wiegert (W), para avaliação da densidade de caranguejos gelasimíneos (chama-marés), com base em três tamanhos de referência, para cada fitofisionomia de manguezal (margem, transição e apicum). Onde: CRi, tempo de contagem das galerias em segundos; N, número de quadrados amostrais; VRi, variância relativa. Os valores de W em negrito correspondem ao melhor tamanho de quadrados amostral em cada fitofisionomia de manguezal

Fitofisionomia	Tamanho do quadrado (m)	Área (m ²)	N	Galeria por m ² (x ± s)	Variância relativa (VRi)	Custo relativo (CRi)	W
MARGEM	0,3x0,3	0,09	34	281,67 ± 69,89	3,35	1	3,35
	0,5x0,5	0,25	12	197,20 ± 63,60	2,77	1,9	5,26
	1x1	1	3	163,70 ± 38,20	1	5,31	5,31
TRANSIÇÃO	0,3x0,3	0,09	34	116,33 ± 63,78	8,64	1	8,64
	0,5x0,5	0,25	12	73,20 ± 28,00	1,66	1,7	2,84
	1x1	1	3	65,70 ± 21,70	1	4,94	4,94
APICUM	0,3x0,3	0,09	34	85,89 ± 25,22	6,9	1	6,9
	0,5x0,5	0,25	12	85,20 ± 18,40	3,67	2,24	8,24
	1x1	1	3	74,00 ± 9,60	1	8,8	8,8

5.3.2. Índice de dispersão

Os resultados do índice de dispersão mostram uma distribuição agregada na Margem (ID=1,43) e transição (ID=2,55), sendo na Transição cerca de duas vezes mais agregada que na Margem. No apicum, a distribuição se mostrou uniforme (ID=0,67).

5.3.3. Composição da assembleia de chama-marés

Foram registradas quatro espécies na área em estudo, sendo duas do gênero *Leptuca* (*L. uruguayensis* e *L. thayeri*) e duas do gênero *Minuca* (*M. vocator* e *M. rapax*), com sua ocorrência dependente da fitofisionomia de manguezal. Apenas *L. uruguayensis* foi encontrada nas três subáreas, entretanto com maior densidade na Margem; *M. vocator* foi registrada apenas na transição, numa densidade muito baixa; *L. thayeri*, esteve presente tanto na Margem como na Transição, sendo mais abundante nesta última fitofisionomia; e *M. rapax* teve sua distribuição ocorrendo na Transição e Apicum. A densidade relativa das espécies encontradas está ilustrada na Figura 21.

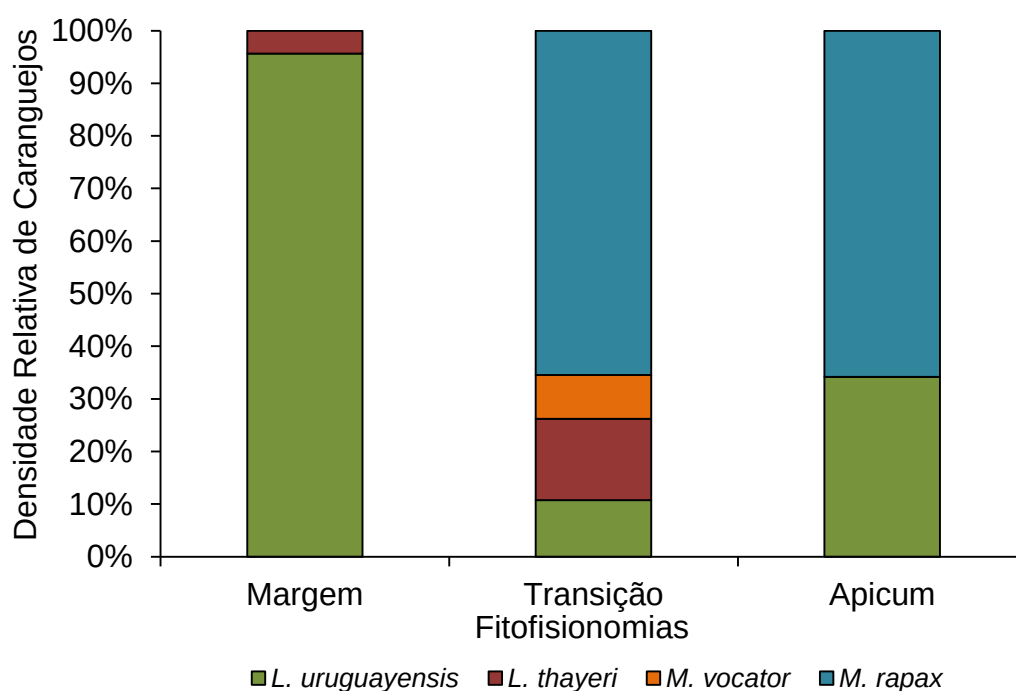


Figura 21: Densidade relativa (%) das quatro espécies de caranguejos chama-marés (Gelasiminae) encontradas em cada fitofisionomia de manguezal (Margem Transição e Apicum).

A biometria dos exemplares (largura da carapaça) revelou que animais de diferentes tamanhos são encontrados nas diferentes feições do manguezal. Na margem, foram encontrados animais de menor porte, com aumento em sentido ao Apicum, onde foram maiores (KW=71,38; $p<0,001$) (Figura 22).

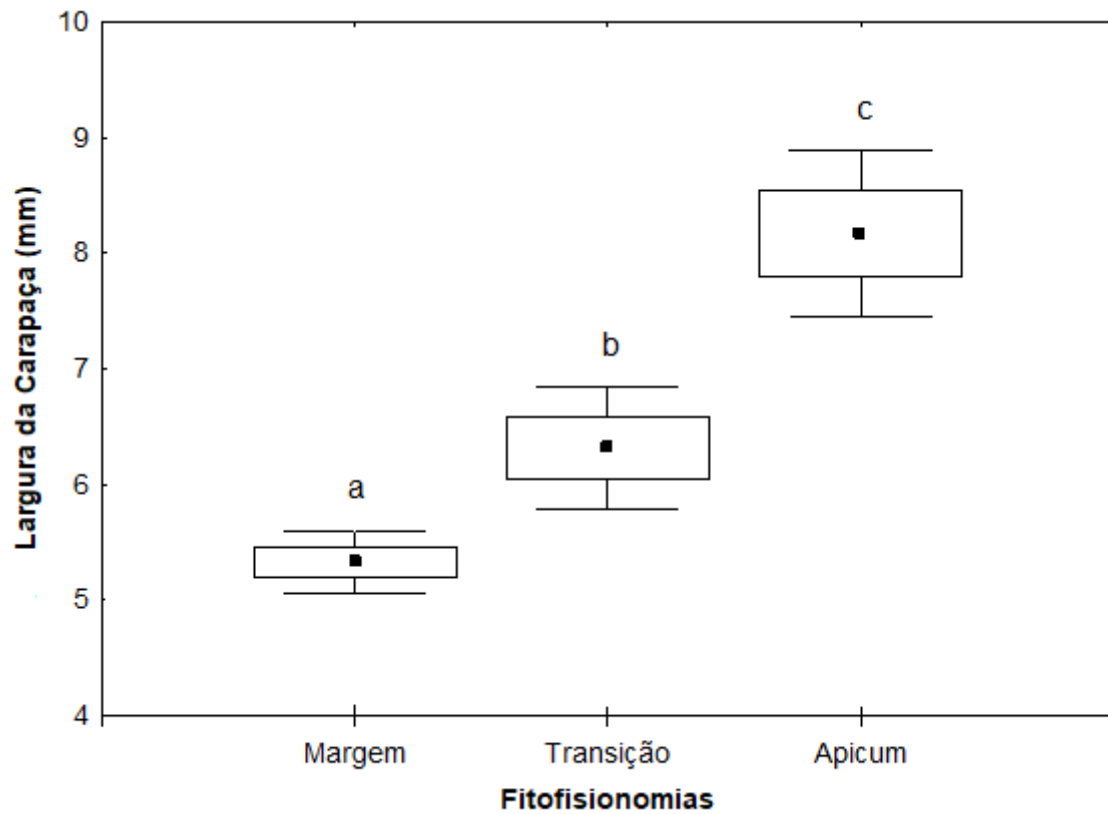


Figura 22: Medida do tamanho (largura da carapaça) dos exemplares de caranguejos chama-marés nas diferentes fitofisionomias de manguezal (Margem, Transição e Apicum). Onde: ponto, média aritmética; caixa, média $\pm$ erro padrão da média; “whiskers”, o intervalo de confiança da média a 5% (média $\pm$ 1,96*erro padrão); médias associadas a letras distintas diferiram estatisticamente ($p<0,05$) entre si.

A densidade absoluta dos caranguejos obtidos nos quadrados amostrais (Método direto – por retirada das galerias) seguiu um padrão similar daquele observado pela densidade média das galerias (Método indireto – contagem das galerias), sendo ela muito maior na margem quando comparada às outras fitofisionomias (KW=62,05; $p<0,001$) (Figura 23).

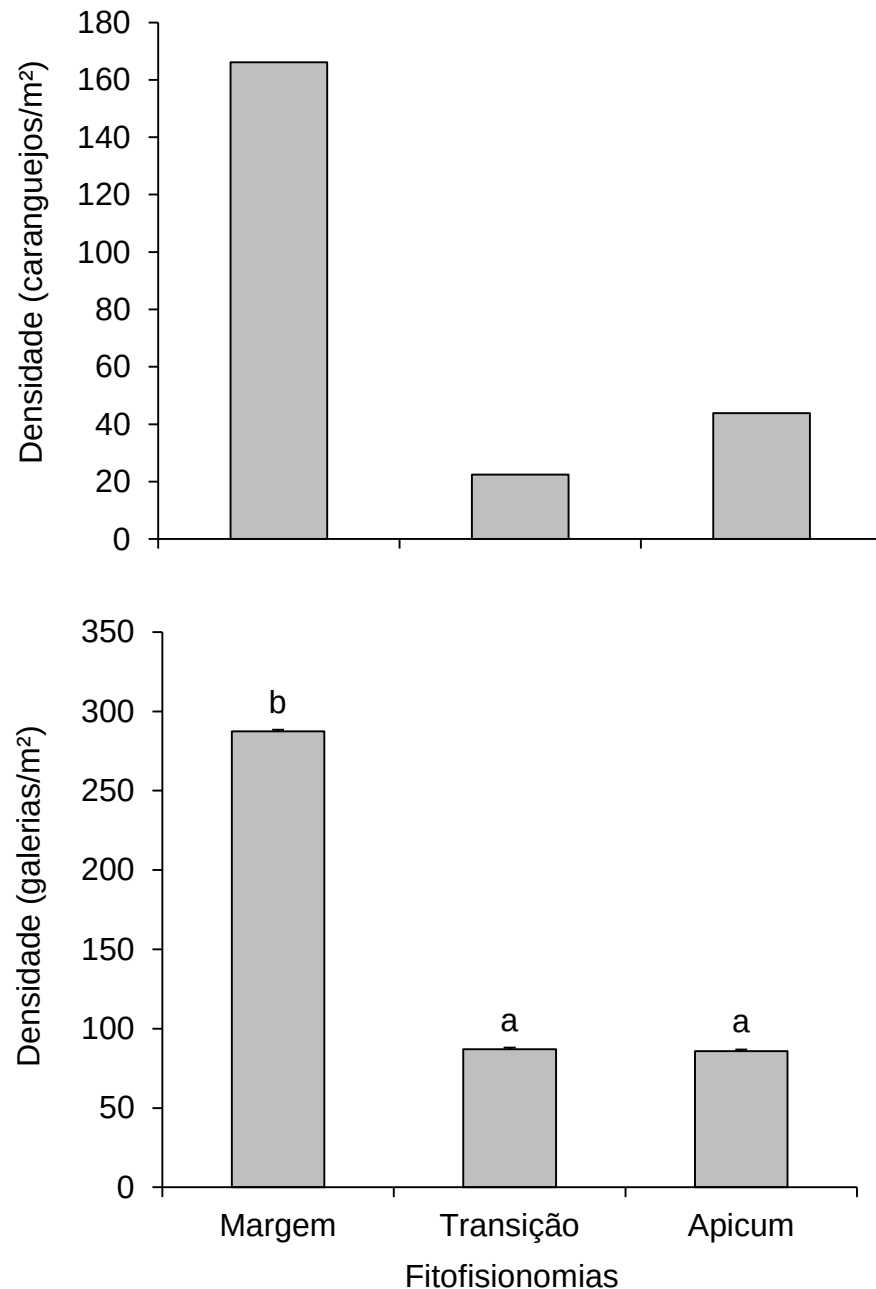


Figura 23: Densidade absoluta de caranguejos coletados pelo método direto (contagem) e densidade média de galerias contabilizadas em cada fitofisionomia. Onde (gráfico inferior): Barra, média aritmética; linha vertical, desvio padrão da média; letras, médias associadas a letras distintas diferiram estatisticamente ($p<0,05$).

A assembleia de caranguejos diferiu entre todas as fitofisionomias (Tabela 4 e Figura 24). Assim, diferentes espécies foram responsáveis pela dissimilaridade entre as fitofisionomias (Tabela 5), sendo que *L. uruguayensis* foi a que mais contribuiu para as diferenças entre Margem x Transição (66,6%) e Margem x Apicum (78,6%), enquanto que entre Transição x Apicum a espécie com maior contribuição foi *M. rapax* (35,5%).

Tabela 4: Comparação das assembleias de caranguejos chama-marés por PERMANOVA, entre as diferentes fitofisionomias de manguezal (Margem, Transição e Apicum). Testes pareados *a posteriori* contrastam o fator condição dentro dos diferentes locais de estudo. Os dados foram transformados para arco-seno($\sqrt{x}$) + 1 e a análise realizada com base no índice de similaridade de Bray-Curtis. Onde: gl, graus de liberdade; QM, quadrado médio; ***P < 0,001).

Fonte	gl	QM	Pseudo-F	P
Fitofisionomias	2	44621,00	44,77	***
Resíduo	52			
Margem ≠ Transição***				
Testes pareados	Margem ≠ Apicum***			
	Transição ≠ Apicum***			

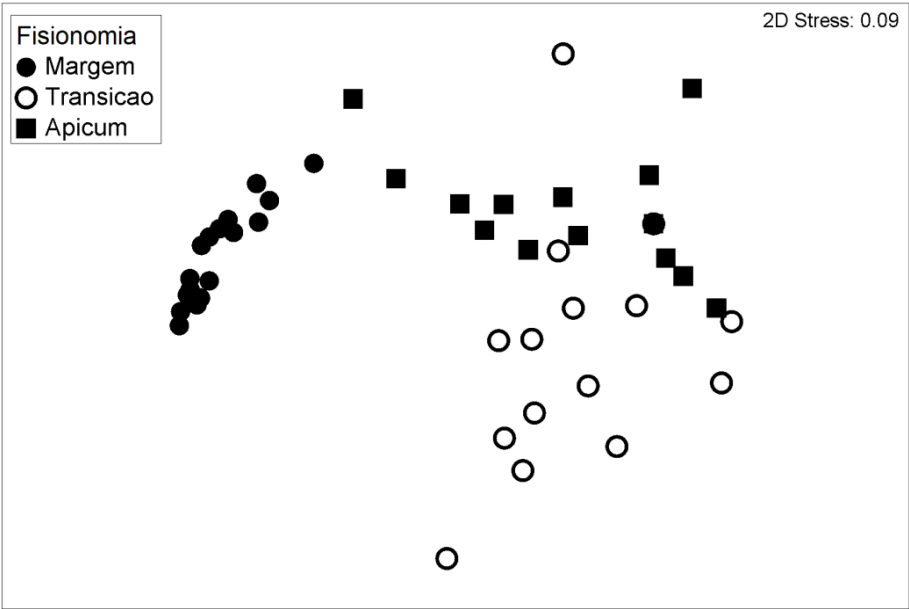


Figura 24: Ordenamento nMDS das assembleias de caranguejos chama-marés, em diferentes fitofisionomias de manguezal. Dados transformados para arco-seno($\sqrt{x}$) + 1. Ordenamento baseado nos valores de similaridade de Bray-Curtis.

Tabela 5: Análise SIMPER com a contribuição das principais espécies para a dissimilaridade entre as fitofisionomias de manguezal (Margem, Transição e Apicum).

	Espécies	Contribuição (%)	Acumulado (%)
Margem x Transição	<i>L. uruguayensis</i>	66,61	66,61
	<i>M. rapax</i>	17,75	84,36
Margem x Apicum	<i>L. uruguayensis</i>	78,64	78,64
	<i>M. rapax</i>	16,75	95,40
Transição x Apicum	<i>M. rapax</i>	35,46	35,46
	<i>L. uruguayensis</i>	20,12	80,17
	<i>L. thayeri</i>	13,30	93,48

Além das diferenças das assembleias, foram observadas diferenças entre as populações de caranguejos chama-marés entre as diferentes fitofisionomias. A única espécie que não houve possibilidade de comparação foi *M. vocator*, que foi encontrada apenas na fitofisionomia de Transição, ocorrendo diferenças para as demais espécies em pelo menos um dos níveis de comparação. Merece destaque a população de *M. rapax*, que foi aquela que mais apresentou diferenças. Esses dados estão sumarizados na Tabela 6.

Tabela 6: Comparação do tamanho da largura de carapaça (LC) (ANOVA), nas populações de caranguejos chama-marés (Gelasiminae) em relação ao sexo e às diferentes fitofisnomias de manguezal. Onde: gl = graus de liberdade; QM = quadrado médio; * P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001.

Fonte	<i>Leptuca uruguayensis</i>				<i>Leptuca thayeri</i>				<i>Minuca rapax</i>			
	gl	QM	F	P	gl	QM	F	P	gl	QM	F	P
Fitofisionomia (F)	1	19,997	14,142	***	1	154,12	10,26	**	1	1777,4	165,60	***
Sexo (S)	2	3,141	2,226	0,11	1	200,37	13,33	***	1	504,2	47,16	***
Interação F x S	2	0,182	0,129	0,72	1	0	0	0,99	1	155,6	14,56	***
Resíduo	257	1,414			193	15,03			311	10,7		
Teste de Tukey Margem ≠ Apicum *** Transição ≠ Margem ** Macho ≠ Fêmea *** Transição: Fêmea ≠ Apicum: Fêmea *** Apicum: Macho ≠ Apicum: Fêmea *** Transição: Macho ≠ Apicum: Fêmea *** Apicum: Macho ≠ Transição: Fêmea *** Transição: Macho = Transição: Fêmea Transição: Macho ≠ Apicum: Macho ***												

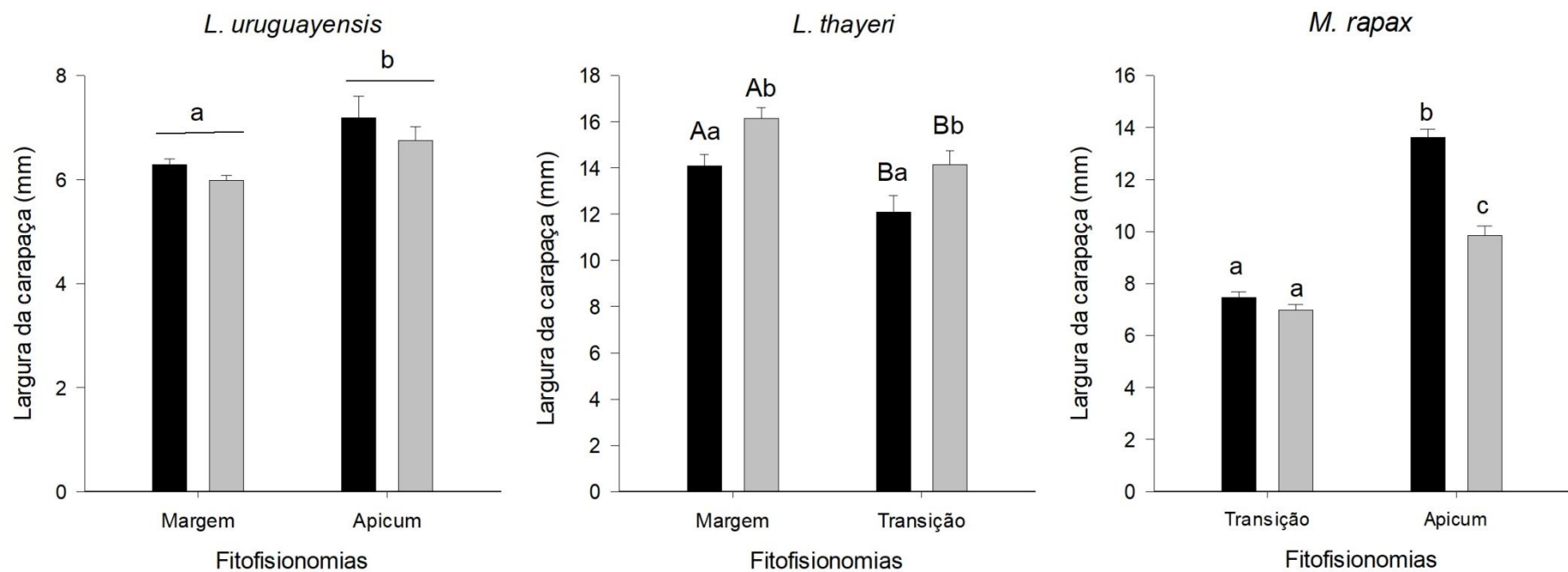


Figura 25: Representação gráfica dos resultados obtidos na análise da ANOVA (Tabela 6), comparando a largura de carapaça (mm) das espécies possíveis, em relação ao sexo (machos, barras pretas; e fêmeas, barras cinzas) e à fitofisionomia (Margem, Transição e Apicum). Onde: Barra, média aritmética; linha vertical, desvio padrão da média. Para um mesmo gráfico as letras minúsculas distintas associadas às médias evidenciaram contraste entre elas ($p < 0,05$), o mesmo ocorrendo no caso das letras maiúsculas, entre as fitofisionomias.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo evidencia a grande heterogeneidade espacial no ambiente manguezal, assim como essas características distintas afetam a distribuição das assembleias de caranguejos chama-marés ao longo de sua extensão. A estrutura do bosque de manguezal foi muito distinta entre as subáreas, em especial quanto a inundação, hidrodinâmica, granulometria e matéria orgânica. Diferenças nas assembleias foram encontradas em cada uma das três fitofisionomias estudadas (Margem, Transição e Apicum), com algumas espécies sendo mais reguladoras do que outras, evidenciando a situação peculiar a cada espécie de caranguejo chama-marés registrada no presente estudo. Em seguida são discutidas como as fitofisionomias se contrastaram com base nas respectivas assembleias, em função da técnica de coleta empregada e dos parâmetros ambientais avaliados.

Por ser um ambiente muito dinâmico, o manguezal é influenciado por diversos parâmetros abióticos que afetam os componentes vegetais, em especial a composição granulométrica e o “input” de matéria orgânica, fatores esses que regem o desenvolvimento dos componentes vegetais (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986; Twilley *et al.*, 1995). Além disso, segundo autores (Fransozo *et al.*, 1992; Pinheiro *et al.*, 1996) já confirmaram que estas variáveis edáficas são primordiais à distribuição de espécies de crustáceos decápodos bentônicos no ambiente marinho inconsolidado, o mesmo ocorrendo com os caranguejos chama-marés (Thurman *et al.*, 2013). No entanto, no caso específico destes animais, a deposição dos sedimentos é diferencial em função da hidrodinâmica estuarina, sendo comum a deposição dos sedimentos mais finos na margem dos estuários (p. ex., subárea de fitofisionomia Margem), enquanto os de maior granulação (frações arenosas) ficam depositados em locais de inundação mais variável e frequente (p. ex., subárea fitofisionomia Apicum), conforme constatado no presente estudo. Como resultado da maior drenagem nos locais de topografia mais elevada, também em respeito à menor hidrodinâmica, nas subáreas de apicum ocorre a remoção apenas os sedimentos mais finos (em especial o silte e argila), resultando em um solo composto por grânulos maiores (areias) proveniente da mata adjacente (Ucha *et al.*, 2008), enquanto que uma menor competência hídrica, em locais de maior inundação pelas marés, possibilita a deposição de sedimentos mais finos, que são trazidos em suspensão de outras partes do sistema estuarino.

Como apontado por Reef *et al.* (2010), os manguezais são ecossistemas ricos em matéria orgânica (MO), principalmente resultante da produção de serapilheira e baixa taxa de decomposição. Bernini *et al.* (2006) relaciona a disponibilidade de MO com a taxa de influência das marés, sendo maior onde a inundação é mais intensa. Há uma forte relação entre altas taxas de matéria orgânica em áreas dominadas por *R. mangle* (Twilley *et al.*, 1995; Carmo *et al.*, 1998), reforçando o padrão encontrado na subárea de margem. Cuzzuol & Campos (2001) descrevem que a quantidade de matéria orgânica média nos manguezais varia entre 10 e 40 g.dm⁻³, o que corrobora os valores encontrados no presente estudo. A maior quantidade de MO encontrada na Margem está associada à proximidade com os corpos d'água e à topografia reduzida (Cuzzuol & Rocha, 2012), decrescendo em direção à terra firme, de topografia mais elevada. A queda dos níveis de MO, encontrada na Transição e Apicum, pode estar associada à granulometria do sedimento, pois existe uma correlação positiva na deposição de MO em solos argilosos (Andrade *et al.*, 2013).

A inundação das subáreas em estudo seguiu o esperado para outros manguezais do Atlântico Ocidental, devido à diferença de topografia entre as fitofisionomias (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986; Schmidt *et al.*, 2013), resultando numa região mais elevada que é denominada “apicum”, uma feição de manguezal com características transicionais com o ambiente terrestre, não sendo tão afetada pela inundação das marés.

A altura e DAP da vegetação são variáveis colineares, com correlação expressiva e, portanto, seguiram o mesmo padrão num comparativo entre as fitofisionomias de manguezal estudadas. Nele ficou perceptível a descrição peculiar de estruturação dos bosques de manguezal citadas na literatura específica, onde as árvores maiores, em altura e diâmetro do tronco ocorrem junto à margem, próximas ao curso d'água, decrescendo em direção ao apicum (Schaeffer-Novelli, 2000). Os dados também sugerem uma maior maturidade do bosque na margem, evidenciada pela reduzida densidade arbórea, em função de seu maior porte, em resposta da maior inundação, sedimento mais lodoso e maior presença de nutrientes (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986). Em contrapartida, uma maior densidade de árvores menores sugere um bosque mais jovem (como verificado na transição), que pode ocorrer em diferentes regimes de inundação e de aporte da matéria orgânica. Em áreas transicionais desta natureza, a substituição do mangue-branco (*L. racemosa*) pelo mangue-vermelho (*R. mangle*) é perceptível rumo às áreas de maior topografia (terra firme), corroborando o

estudo de Schmidt *et al.* (2013), que relatam ser algo comum, principalmente em regiões mais distantes da desembocadura do rio, como é o caso do presente estudo. Já na fitofisionomia Apicum foi encontrada a menor densidade e porte arbóreos, evidenciando sua diferença em relação às demais, notadamente uma região de baixo desenvolvimento estrutural, vegetação extremamente esparsa e em sua grande maioria arbustiva (Ucha *et al.*, 2008; Schmidt *et al.*, 2013).

O menor tamanho do quadrado amostral na Margem (0,3x0,3m) esteve relacionado à maior densidade de caranguejos chama-marés registrada nesta subárea de manguezal, que foi cerca de três vezes superior à verificada na Transição e Apicum. Na Margem 93,5% dos exemplares era da espécie *Leptuca uruguayensis*, que possui preferência por sedimentos mais finos e regiões de maior inundação (Crane, 1975; Thurman *et al.*, 2013), possuindo menor tamanho do que outras espécies de áreas similares, explicando, também, a menor média de largura de carapaça para a fitofisionomia de margem (5,4mm). O elevado adensamento desta espécie na Margem, cujos exemplares apresentam menor porte, repercutiu numa maior densidade populacional e, conseqüentemente, numa distribuição mais agregada nesta subárea, confirmando a suficiência do quadrado de menor tamanho amostral (0,3x0,3m) para tal amostragem ser significativa e eficiente. Tal informação encontra embasamento no estudo de Khan & Khan (2017), que relataram um aumento no tamanho das galerias de chama-marés quanto mais longe da margem.

No caso da Transição, a distribuição dos caranguejos chama-marés foi cerca de duas vezes mais agregada do que na Margem, justificando o aumento no tamanho do quadrado amostral estabelecido para essa subárea. Em distribuições mais agregadas, um quadrado maior foi necessário para uma amostragem mais probabilística, o que diminuiu a variância e, conseqüentemente, implicou num menor número de réplicas. No ambiente de Transição verificou-se que a maioria dos parâmetros avaliados realmente ocorreu com posição intermediária às demais analisadas, revelando um padrão bastante distinto da Margem ou do Apicum, o que se reflete nas espécies registradas, sendo fitofisionomia com maior riqueza de espécies (n=4). Além disso, em função desta maior riqueza, foi perceptível, também, um tamanho igualmente intermediário quando confrontado às demais fitofisionomias.

Já no Apicum, devido a distribuição uniforme das galerias, padrão diferenciado em relação às demais subáreas, novamente o menor quadrado foi selecionado como o ideal para amostragem. Isso ocorreu em função de uma redução da variância devido a distância similar entre as galerias, ou seja, uniformidade, que caracteriza a nomenclatura e característica deste padrão distributivo. Neste local ocorreu predomínio de *M. rapax*, uma espécie que normalmente atinge maior porte na fase adulta (32mm LC, segundo Crane, 1975), mesmo considerando o tamanho máximo registrado no presente estudo, que foi de 21,4mm LC.

Muitos autores já destacaram a importância de parâmetros ambientais na distribuição dos chama-marés (Kristensen, 2008; Geist *et al.*, 2012; Checon & Costa, 2017), apontando a granulometria do sedimento como sendo o fator preponderante que influencia a distribuição (Ringold, 1979; Thurman *et al.*, 2013). Entretanto, apesar da clara diferença entre as assembleias encontradas, é difícil estabelecer um único parâmetro ditando todo o comportamento desses animais. Apontamento semelhante foi feito por Checon & Costa (2017), ressaltando que abordagens univariadas muitas vezes não conseguem explicar a complexidade do ambiente, embora às vezes indiquem o maior poder explicativo de um deles. Esses autores não encontraram evidências claras de que o sedimento seja o principal regulador das assembleias de chama-marés, mesmo quando relacionados o contraste existente na morfologia e número de cerdas dos apêndices bucais (maxilípedes), que a princípio sugerem uma interação com o tipo de solo (Colpo & Negreiros-Fransozo, 2011).

O manguezal é um ecossistema extremamente complexo e variável, apresentando grande diversidade de parâmetros, sejam eles abióticos ou bióticos. A divisão do estudo em fitofisionomias (subáreas delimitadas primordialmente pela característica da vegetação) se mostrou eficiente, pois promoveu uma amostragem completa da maior parte de habitats que caracterizam os manguezais, desde os marginais aos mais periféricos. Essa diversidade refletiu nas assembleias de caranguejos chama-marés, que diferiram em composição e estrutura entre todas as subáreas estudadas, onde ocorreu grande influência dos parâmetros ambientais.

No mundo todo populações humanas estão concentradas em regiões costeiras (Small & Nicholls, 2003), por serem muito produtivas e de acesso mais facilitado. Com a crescente preocupação com as mudanças climáticas, principalmente pelo efeito

preconizado de subida do nível médio relativo do mar (NMRM), essas regiões serão grandemente afetadas (Nicholls & Cazenave, 2010). Assim, o entendimento de como as populações dos gelasimíneos se compõem, estruturam e relacionam nesse dinâmico ecossistema é crucial importância para a criação de estratégias de prevenção e adaptação a essas mudanças. Esse estudo caracteriza as fitofisionomias do manguezal em relação aos seus parâmetros ambientais, mostrando um panorama inicial de como as assembleias de caranguejos chama-marés estão distribuídos nessas fitofisionomias. É o primeiro passo ao entendimento de como as comunidades de espécies-chave se relacionam ao meio onde vivem, com dados relevantes para a gestão do ecossistema manguezal e suas espécies.

7. CONCLUSÕES

Foram identificadas três principais fitofisionomias na área em estudo, cada uma com características muito distintas, evidenciando a grande variabilidade e dinamismo do ecossistema manguezal.

A **Margem**, primeira fitofisionomia a partir do curso d'água, é marcada pela presença de árvores altas, principalmente *R. mangle*, em densidade baixa, que caracterizam um bosque maduro. O sedimento desta subárea era fino, associado ao acúmulo de elevada concentração de matéria orgânica proveniente da maior hidrodinâmica e inundação local. Adentrando no bosque, a **Transição** apresentou árvores de menor porte, em densidade muito maior, em sua maioria *L. racemosa*, já informada por outros autores em situações similares. Seu sedimento foi menos fino, mas ainda acumulando significativa quantidade de matéria orgânica, possivelmente pela influência que ainda sofre do nível de inundação pelas marés. A última fitofisionomia observada, o **Apicum**, foi uma região de vegetação primordialmente arbustiva, com exemplares pequenos de *L. racemosa*, com elevada exposição do solo, que era arenoso, com maior granulação e proveniente da Floresta Atlântica no entorno. A drenagem do local, com reduzida influência de inundação pelas marés, propicia com que este sedimento seja lavado com remoção das partículas mais finas e, desse modo, apresenta uma incipiente quantidade de matéria orgânica no solo.

O mapeamento temático, baseado em imagens de satélite de alta resolução, se mostrou muito adequado para regiões de manguezal, conseguindo diferenciar as fitofisionomias com uma eficiência de 97%. Isso se deve às diferenças constatadas na estrutura e composição dos diferentes bosques de manguezal, que facilitam (ou não) a refletância de certos alvos contrastantes (p. ex., cobertura vegetal e o solo). Esses dados servem de base para estimular o uso de imagens de alta resolução e SIG nos estudos sobre conservação de manguezais e sua fauna associada, algo ainda pouco explorado no Brasil.

O tamanho do quadrado ideal para cada fitofisionomia foi estabelecido, sendo indicado o de 30x30 cm na Margem e no Apicum, com um mínimo de 20 réplicas, enquanto na Transição o tamanho foi o de 50x50 cm, acarretando em um menor número

réplicas (n=15). Esses resultados reforçam que diferentes quadrados devem ser empregados em fitofisionomias muito distintas, de modo a otimizar e padronizar o método de coleta, produzindo resultados comparáveis à outras regiões.

Cada fitofisionomia mostrou abrigar uma assembleia de caranguejos distinta. Na Margem foi observada uma maior quantidade de *L. uruguayensis*, em alta densidade, além de *L. thayeri*, em menor quantidade. Na Transição ocorreu a maior riqueza de espécies (n=4), sendo a única fitofisionomia que abrigou todas as espécies registradas nesse estudo, com a seguinte sequência hierárquica: *M. rapax* > *L. thayeri* > *L. uruguayensis* > *M. vocator*. No Apicum a assembleia dos caranguejos chama-marés foi estruturada por uma maior abundância de *M. rapax* com grandes tamanhos, indicando uma segregação espacial durante o desenvolvimento da espécie. Também foram observados exemplares de *L. uruguayensis*, com tamanhos superiores àqueles encontrados na Margem e Transição.

A partir dos resultados apresentados nesse estudo, observa-se uma setorização na distribuição das espécies dos caranguejos chama-marés, relacionada com as divergências ambientais das fitofisionomias, trazendo dados que podem subsidiar futuros estudos integrados sobre manguezais, sua fauna associada e a influência das mudanças climáticas nesse ecossistema, bem como nortear diretrizes de gestão para conservação dessas espécies.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, A.G.B.M.; Ferreira, T.O.; Cabral, R.L.; Nóbrega, G.N.; Romero, R.E.; Meireles, A.J.A.; Otero, X.L. 2014. Hypersaline tidal flats (*Apicum ecosystems*): the weak link in the tropical wetlands chain. *Environmental Reviews*, 22(2): 99-109.
- Alongi, D.M. 2002. Present State And Future Of The World's Mangrove Forests. *Environmental Conservation*, 29: 331-349.
- Alongi, D.M. 2016. Climate Regulation By Capturing Carbon In Mangroves, P.1-7. In: Finlayson, C.M. *Et Al.* (Eds.). **The Wetland Book. I: Structure And Function, Management And Methods**. Springer Netherlands.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1): 32-46.
- Andrade, K.V.S. 2013. **A dinâmica físico-química dos solos de florestas de mangue do Estado de Sergipe**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE. 53p.
- Bernini, E.; Silva, M.A.B.; Carmo, T.M.S. & Cuzzuol, G.R.F. 2006. Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(4): 689-699.
- Camargo, M.G. 2006. Sysgran: um Sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(2): 371-378.
- Carmo, T.M.S.; Almeida, R.; Oliveira, A.R. & Zanotti-Xavier, S. 1998. Caracterização de um trecho do manguezal do rio da Passagem, baía de Vitória, Vitória-ES. In: Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, Águas de Lindóia: 6-19.
- Checon, H. H.;Costa, T. M. 2017. Fiddler crab (Crustacea: Ocypodidae) distribution and the relationship between habitat occupancy and mouth appendages. *Marine Biology Research*, 13(6), 618-629.

Cohen, J. 1960. A Coefficient Of Agreement For Nominal Scales. *Educational And Psychological Measurement*, 20: 37-46.

Colpo, K. D.; Negreiros-Fransozo, M. L. 2011. Sediment particle selection during feeding by four species of *Uca* (Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, 721-734.

Crane, J. 1975. **Fiddler crabs of the world**. New Jersey: Princeton University Press.

Cuzzuol, G.R.F. & Campos, A. 2001. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 24(2): 227-234.

Cuzzuol, G.R.F.; Rocha, A.C. 2012. Interação do regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal. *Acta Botanica Brasílica*, 26(1): 11-19.

Dahdouh-Guebas, F. 2002. The use of remote sensing and GIS in the sustainable management of tropical coastal ecosystem. *Environment, Development and Sustainability*, 4: 93–112.

Dahdouh-Guebas, F.; Collin, S.; Seen, D.L.; Rönnbäck, P.; Depommier, D.; Ravishankar, T.; Koedam, N. 2006. Analysing Ethnobotanical And Fishery-Related Importance Of Mangroves Of The East-Godavari Delta (Andhra Pradesh, India) For Conservation And Management Purposes. *Journal Of Ethnobiology And Ethnomedicine*, 2: 24.

Duarte, L.F.A.; Souza, C.A.; Nobre, C.R.; Pereira, C.D.S.; Pinheiro, M.A.A. 2016. Multi-Level Biological Response In *Ucides Cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae) As Indicators Of Conservation Status In Mangrove Áreas From The Western Atlantic. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 133: 176-187.

Duarte, L.F.; Souza, C.A.; Pereira, C.D.S.; Pinheiro, M.A.A. 2017. Metal toxicity assessment by sentinel species of mangroves: In situ case study integrating chemical and biomarkers analyses. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145: 367–376. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.07.051

Ellison, A.M. 2008. Managing Mangroves With Benthic Biodiversity In Mind: Moving Beyond Roving Banditry. *Journal Of Sea Research*, 59: 2-15.

Florenzano, T.G. 2002. **Imagens De Satélite Para Estudos Ambientais**. Oficina De Textos, São Paulo, Brasil. 97p.

Fransozo, A.; Negreiros-Fransozo, M.L.; Mantelatto, F.L.M.; Pinheiro, M.A.A. E Santos, S. 1992. Composição e Distribuição dos Brachyura (Crustacea: Decapoda) do Substrato não Consolidado na Enseada da Fortaleza, Ubatuba, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 52(4): 667-675.

Geist, S.J.; Nordhaus, I.; Hinrichs, S. 2012. Occurrence Of Species-Rich Crab Fauna In A Human-Impacted Mangrove Forest Questions The Application Of Community Analysis As An Environmental Assessment Tool. *Estuarine, Coastal And Shelf Science*, 96: 69-80

Green, E.P.; Clark, C.D.; Mumby, P.J.; Edwards, A.J.; Ellis, A.C. 1998. Remote sensing techniques for mangrove mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 19(5): 935-956.

Heuman, B.W. 2011. Satellite Remote Sensing Of Mangrove Forests: Recent Advances And Future Opportunities. *Progress In Physical Geography*, 35(1): 87-108.

João, M.C.A.; Pinheiro, M.A.A. 2018. Reproductive potential of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura: Ocypodidae) from two mangrove areas subject to different levels of contaminants. *Journal of Crustacean Biology*, 1-8. DOI:10.1093/jcbiol/ruy087

Kathiresan, K.; Bingham, B.L. 2001. Biology Of Mangroves And Mangroves Ecosystems. *Advances In Marine Biology*, 40: 81-251.

Khan, M.M.; Khan, M.S.R. 2017. Shore to landward transect burrow diversity of fiddler crab in a tropical intertidal coast of Chittagong in Bangladesh. *Research in Agriculture, Livestock and Fisheries*, 4 (2): 131-140.

Krebs, C.J. 1999. Estimating Abundance: Quadrat Counts, P.105-157. In: Krebs, C.J. (Ed.). **Ecological Methodology**. New York, Addison-Welsey Longman, 620p.

Kristensen, E. 2008. Mangrove Crabs As Ecosystem Engineers; With Emphasis On Sediment Processes. *Journal Of Sea Research*, 59: 30-43.

Kuenzer, C.; Bluemel, A.; Gebhardt, S.; Quoc, T.V.; Dech, S. 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. *Remote Sens.*, 3(5): 878-928

Lillesand, T.; Kiefer, R.W.; Chipman, J. 2014. **Remote sensing and image interpretation.** John Wiley & Sons: Minesota University. 726p.

Nicholls, R.J.; Cazenave, A. 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science* 328(5985): 1517-1520

Pettorelli, N.; Böhne, H.S.; Tulloch, A.; Dubois, G.; Macinnis-Ng, C.; Queirós, A.M.; Keith, D.A.; Wegmann, M.; Schrodt, F.; Stellmes, M.; Sonnenschein, R.; Geller, G.N.; Roy, S.; Somers, B.; Murray, N.; Bland, L.; Geijzendorffer, I.; Kerr, J.T.; Broszeit, S.; Leitão, P.J.; Duncan, C.; Serafy, G.; He, K.S.; Blanchard, J.L.; Lucas, R.; Mairota, P.; Webb, T.J.; Nicholson, E. 2018. Satellite remote sensing of ecosystem functions: opportunities, challenges and way forward. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 4(2): 71-93.

Pinheiro, M.A.A.; Fiscarelli, A.G.; Hattori, G.Y. 2005. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology*, 25(2): 293-301.

Pinheiro, M.A.A.; Fransozo, A. E Negreiros-Fransozo, M.L. 1996. Distribution Patterns of the Swimming Crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Crustacea, Brachyura, Portunidae), in Fortaleza Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 56(4): 705-716.

Pinheiro, M.A.A.; Souza, M.R.; Santos, L.C.M. & Fontes, R.F.C., 2018. Density, abundance and extractive potential of the mangrove crab, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae): subsidies for fishery management. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2): 1381-1395.

Por, F. D. 2004. Hidrobiologia da Juréia e da baixada do Ribeira-rios e manguezais. **Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna.** Ribeirão Preto: Holos, p. 51-57.

Por, F.D.; Imperatriz-Fonseca, V.L. 1984. The Juréia Ecological Reserve, São Paulo, Brazil – Facts And Plans. *Environmental Conservation*, 11: 67-70.

Por, F.D.; Shimizu, G.Y.; Prado-Por, M.S.A.; Toha, F.A.L.; Oliveira, I.R. 1984. The Blackwater River Estuary Of Rio Una Do Prelado (São Paulo, Brazil): Preliminary Hydrobiological Data. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 17(3): 245-258.

R Development Core Team, 2018. R: A Language And Environment For Statistical Computing. Vienna, Austria: The R Foundation For Statistical Computing. Isbn: 3-900051-07-0. Available Online At [Http://www.R-Project.Org/](http://www.R-Project.Org/)

Reef, R.; Feller, I.C.; Lovelock, C.E. 2010. Nutrition of mangroves. *Tree Physiology*, 30: 1148-1160.

Ringold, P. Burrowing, Root Mat Density, And The Distribution Of Fiddler Crabs In The Eastern United States. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 36: 11-21.

Sanches, R. A. 2004. Caiçaras e a Estação Ecológica de Juréia-Itatins. Histórico de ocupação no contexto político, econômico, social e ambiental do Vale do Ribeira. **Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente físico, flora e fauna**. Holos Editora, Ribeirão Preto, p. 349-359.

Santos, L. C. M.; Bitencourt, M. 2016. Remote Sensing In The Study Of Brazilian Mangroves: Review, Gaps In The Knowledge, New Perspectives And Contributions For Management. *Journal Of Integrated Coastal Zone Management*, 16(3):245-261.

Santos, L.C.M.; Pinheiro, M.A.A.; Pimenta, C.E.R.; Alves, S.L.; Bittencourt, M.D. 2017. The use of RapidEye images and vegetation index to discriminate mangrove and tidal flat areas: applications to climate change monitoring. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. p: 7527-7534.

Santos, L.C.M.; Rollo, M.M.; Costa, T.M.; Pinheiro, M.A.A.; Dahdouh-Guebas, F.; Bittencourt, M.D. 2016. Spatial Analysis Of Coastal Área Fo Conservation And Fishery Of Mangrove Edible Crab (*Ucides Cordatus*). *Journal Of Coastal Research*, 75: 685-689.

São Paulo. Decreto nº 24.646, de 20 De Janeiro de 1986. Cria a Estação Ecológica de Juréia-Itatins e dá providências correlatas. Secretaria de Estado do Governo, aos 20 de janeiro de 1986.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintron , G. 1986. **Guia Para Estudo De Áreas De Manguezal: Estrutura, Função E Flora.** São Paulo: Caribbean Ecological Research, 150p.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M.L.G.; De-Rosa, T. 2000. Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 3(4): 561-570.

Schaeffer-Novelli, Y., Soriano-Sierra, E.J., Vale, C.C., Bernini, E.,Rovai, A.S., Pinheiro, M.A.A., Schmidt, A.J., Almeida, R., Coelho-Jr., C.,Menghini, R.P., Martinez, D.I.,Abuchahla, G.M.O., Cunha-Lignon, M.,Charlier-Sarubo, S.,Shirazawa-Freitas, J., Cintrón, G., 2016. Climate Changes In Mangrove Forests And Salt Marshes. *Brazilian Journal Of Oceanography*, 64(Sp.2), 37-52

Schaeffer-Novelli, Y.; Vale, C.C. & Cintrón-Molero, G. 2015. Monitoramento do Ecossistema Manguezal: Estrutura e Características Funcionais. In: Turra. A. & Denadai. M.R. (Orgs.) **Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos.** São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

Schmidt, A.J.; Bemvenuti, C.E. & Diele, K. 2013. Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763). *Bol. Téc. Cient. CEPENE*, 19(1): 9-25.

Shih, H.T.; Ng, P.K.L.; Davie, P.J.F.; Schubart, C.D.; Türkay, M.; Naerloo, R.; Jones, D.; Liu, M.Y. 2016. Systematics Of The Family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), Based On Phylogenetic Relationships, With A Reorganization Of Subfamily Rankings Ans A Review Of The Taxonomic Status Of *Uca* Leach, 1814, Sensu Lato And Its Subgenera. *Raffles Bulletin Of Zoology*, 64: 139-175.

Siegel, S. & Castellan Jr., N.J. 1988. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences.** New York (NY): McGraw-Hill, 2nd Ed., 400p.

Skov, M.W.; Hartnoll, R.G. 2001. Comparative suitability of binocular observation, burrow counting and excavation for the quantification of the mangrove fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards). *Hydrobiologia*, 449: 201-212.

Small, C.; Nicholls R.J. 2003. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research* 19(3): 584-599

Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. 2003. **Biometry: The principles and practice of statistics in biological research**. New York: W.H. Freeman, 3rd Ed., 887p.

Spalding, M.; Kainuma, M.; Collins, L. 2010. **World Atlas Of Mangroves**. Washington: Earthcan Llc.

Tan, C. G. S., and Ng, P. K. L. (1994). An annotated checklist of mangrove brachyuran crabs from Malaysia and Singapore. *Hydrobiologia* 285, 75–84

Tarifa, J. R. 2004. Unidades climáticas dos maciços litorâneos da Juréia-Itatins. **Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna**. Ribeirão Preto, Holos, 386p, p. 42-50.

Thurman, C.L.; Faria, S.C.; Mcnamara, J.C. 2013. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: Implications for biogeography of the Western Atlantic Ocean. *Marine Biodiversity Records*, 6: 1-21.

Twilley, R.R., Snedaker, S.C., Yáñez-Arancibia, A. & Medina, E. 1995. Mangrove systems. In: Heywood, V.H. ed. **Global biodiversity assesment. Biodiversity and ecosystem function: ecosystem analyses**. Cambridge: Cambridge University Press, 387-393.

Ucha, J.M.; Hadlich, G.M. & Celino, J.J. 2008. Apicum: Transição entre solos de encostas e de manguezais. *Revista Educação, Tecnologia e Cultura - IFBA*, 58-63.

Ventura, A.O.B.; Lana, P.C. 2014. A new empirical index for assessing the vulnerability of peri-urban mangroves. *Journal of Environmental Management*, 145: 289-298.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geology*, 30: 377-392.

Wunderlich, A. C.; Pinheiro, M. A. A. 2013. Mangrove Habitat Partitioning By *Ucides Cordatus* (Ucididae): Effects Of The Degree Of Tidal Flooding And Tree-Species Composition During Its Life Cycle. *Helgoland Marine Research*, 67(2): 279-289.