

MORFODINÂMICA E A INFAUNA NA DESEMBOCADURA DO RIO ITAGUARÉ

Bruno Júlio de Oliveira

SÃO VICENTE – SP

2020



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociência
Câmpus do Litoral Paulista



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA

MORFODINÂMICA E A INFAUNA NA DESEMBOCADURA DO
RIO ITAGUARÉ.

CANDIDATO: Bruno Júlio de Oliveira

ORIENTADOR: Prof. Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann

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 – SP

2020

O48m Oliveira, Bruno Júlio
Morfodinâmica e a infauna na desembocadura do rio Itaguapé. / Bruno Júlio Oliveira. -- São Vicente, 2020
105 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente
Orientador: Francisco Sekiguchi Buchmann

1. Fotografia aérea em geomorfologia. 2. Drone. 3. Invertebrados marinhos. 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.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a toda minha família pelo apoio desde o começo de minha graduação chegando até o mestrado, principalmente a meus pais por todo o esforço que sempre fizeram para dar o melhor aos seus filhos. Ao meu irmão pelo companheirismo e amizade durante todos esses anos, tenho muito orgulho do homem que se torna a cada dia.

À minha futura esposa Marcela Muraki pelo apoio, companheirismo e amor desde que nos conhecemos na graduação e pela nossa filha Moana Muraki, nosso maior presente, que veio ao mundo para nos ensinar tanto e tornar nossos dias melhores.

Minha gratidão em especial ao amigo e orientador prof. Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann, por todos esses anos de ensinamentos desde o início da minha jornada na UNESP – CLP, por todas as aventuras, aprendizados de vida e principalmente pela paciência, compreensão e dedicação ao longo desses anos. Agradeço ainda por todo o apoio logístico e financeiro para a realização desta pesquisa.

A todos aos amigos que fazem ou já fizeram parte do Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia do Instituto de Biociências da UNESP – CLP, especialmente aos que de alguma forma colaboraram durante essa pesquisa e ao amigo Felipe Giardini, companheiro de praticamente todas as saídas realizadas.

A todos os outros docentes que contribuíram para minha formação acadêmica durante esses anos de ensino na UNESP – CLP.

Aos funcionários do Instituto de Biociências da UNESP – CLP, em especial à Divisão Técnica Acadêmica, à Seção Técnica de Biblioteca, aos técnicos de laboratórios e as meninas da limpeza, pelo auxílio, boa vontade, paciência e compreensão durante todos esses anos.

A todos os discentes, colegas acadêmicos e amigos de vida que conheci durante esses anos de aprendizado, obrigado pelos momentos juntos, em especial aos grandes amigos Eidi Kikuchi (Caracu), Bojo, Macú, Jurado, Tan, Fuça, Abutre, Vanessa, Polar, Mamer, Jacaré, entre muitos outros que fizeram parte de minha evolução e aprendizado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A região costeira do estado de São Paulo abriga diferentes ambientes costeiros como praias arenosas, costões rochosos, sistemas estuarinos entre outros ambientes altamente dinâmicos. A fim de estudar e monitorar estes ambientes este trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre a morfodinâmica da desembocadura do rio Itaguapé em Bertioga – SP e os invertebrados presentes na infauna dos bancos arenosos. Foram realizadas 22 campanhas entre abril de 2018 e julho de 2019. Para avaliar sua morfodinâmica foi realizado o monitoramento mensal com o uso de um drone para obtenção de fotografias aéreas, além da obtenção de dados sobre as ondas, ventos, marés e pluviosidade local. Para avaliar a biodiversidade da infauna foram feitos três perfis de 10 réplicas de 1 metro quadrado cada, onde realizamos a identificação dos organismos e contagem de suas galerias na superfície do substrato. Nos três perfis foram coletados sedimento para análise granulométrica e água para avaliar a salinidade, a fim de entender como estes parâmetros podem influenciar na distribuição e dinâmica das espécies. A partir das imagens obtidas foram gerados ortomosaicos georreferenciados da área de estudo. Integramos os resultados das análises granulométricas, densidade de galerias por metro quadrado, salinidade, e dos dados meteorológicos e oceanográficos, pudemos observar os processos que atuam na movimentação da desembocadura e na distribuição da biodiversidade. Foram encontrados os crustáceos *Callichirus major* e *Leptuca* spp., os poliquetas *Diopatra cuprea* e *Scolelepis squamata* e o molusco bivalve *Tagelus plebeius*. Pudemos observar um padrão sazonal de migração na desembocadura, onde houve permanência e deslocamento das barras para Oeste da praia nas estações próximas ao inverno e para Leste nas estações próximas ao Verão. Essa dinâmica foi o fator de maior influência na distribuição dos organismos encontrados, que são afetados pela movimentação da desembocadura em resposta as variações hidrodinâmicas local. Os padrões granulométricos mostraram ter grande influência na distribuição da biodiversidade. Em curta e média escala de tempo a desembocadura se apresentou altamente dinâmica em sua morfologia com grandes mudanças em seu processo meandrante, sendo possível o registro de processos de erosão e acreção sedimentar. Esses processos são responsáveis pelo aporte sedimentar na desembocadura que pode ser influenciada pelas taxas pluviométricas locais, aumentado a vazão do rio e o aporte de sedimentos fluviais. No perfil 1 e 3 notamos a maior presença dos poliquetas da família *Spionidae* associado a maior presença de lama, enquanto que no perfil 2 não tivemos grande ocorrência destes organismos por conta da maior quantidade de sedimentos arenosos. Os crustáceos do gênero *Leptuca* spp. foram encontrados em sua maioria nos pontos onde possuíam sedimentos arenosos, tendo baixa ocorrência em regiões de sedimentos arenolamosos. O entendimento das relações entre a biodiversidade e os processos que controlam sua distribuição no ambiente em que vivem é de grande importância para embasar políticas públicas de preservação e educação ambiental.

Palavras-chave: Morfodinâmica. Drones. Monitoramento. Biodiversidade. Granulometria.

ABSTRACT

The coastal region of the state of São Paulo has different types of coastal environments such as sandy beaches, rocky shores, estuarine systems and other highly dynamic environments. In order to study and monitor these environments this study aimed to evaluate the relationship between the morphodynamics of the Itaguapé river outfall in Bertiooga - SP and the invertebrates present in the sandy banks. We had 22 campaigns between April 2018 and July 2019. To assess its morphodynamics, a monthly monitoring was made using a drone to obtain aerial photographs, in addition to obtaining data on waves, winds, tides and local rainfall that helped to describe the local morphodynamic movements. To assess the invertebrates of the infauna, three profiles were made of 10 replicates of 1 square meter each, where we carried out the identification of the organisms and counting their galleries on the substrate surface. Sediment was also collected for granulometric analysis and water to assess salinity, in order to understand how these parameters can influence the distribution and dynamics of species. From the images obtained, processing was carried out and orthophotographs geo-referenced from the entire extension of the study area, together with the results of the granulometric analysis, density of galleries per square meter, salinity, and meteorological and oceanographic data, we were able to observe the processes that act in the movement of the outfall of the river and in the distribution of its biodiversity. Crustaceans *Callichirus major* and *Leptuca* spp., Polychaetes *Diopatra cuprea* and *Scolelepis squamata* and the bivalve mollusk *Tagelus plebeius* were found. We were able to observe a seasonal migration pattern at the outfall of the river, where there was permanence and displacement of the bars to the west of the beach in the winter seasons and to the east in the summer seasons. This dynamic was the most influential factor in the distribution of the organisms found, which are affected by the movement of the outfall in response to local hydrodynamic variations. The granulometric patterns have shown to have a great influence on the distribution of biodiversity. In a short and medium scale of time the region was highly dynamic in its morphology with major changes in its migratory process, making it possible to record processes of erosion and sedimentary accretion. These processes are responsible for the sedimentary input at the outfall, which can also be influenced by local rainfall rates, increasing the flow of the river and the inflow of river sediments. In profile 1 and 3 we noticed the greater presence of polychaetes of the *Spionidae* family associated with the greater presence of mud in these points, whereas in profile 2 we did not have a large occurrence of these organisms due to the greater amount of sandy sediments available in this region. Crustaceans of the genus *Leptuca* spp. were found mostly in the points where they had greater amount of sandy sediments, having low occurrence in regions of muddy sediments. Understanding the relationship between biodiversity and the processes that control its distribution in the environment they live is of great importance to support public policies for preservation and environmental education.

Keywords: Morphodynamics. Drones. Monitoring. Biodiversity. Granulometry.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Área de estudo	15
3.2. Trabalho de campo.....	18
3.2.1. Obtenção das imagens aéreas	18
3.2.2. Coleta dos sedimentos e água para análises	19
3.2.3. Coleta de dados sobre os invertebrados da infauna.....	20
3.3. Trabalho de laboratório.....	21
3.3.1. Processamento das imagens.....	21
3.3.2. Dados meteorológicos e oceanográficos	22
3.3.3. Análise granulométrica.....	22
3.3.4. Salinidade	25
3.3.5. Identificação e quantificação dos invertebrados da infauna.....	25
4. RESULTADOS	25
4.1. Descrição morfodinâmica, dados meteorológicos e oceanográficos	25
4.1.1. Outono 2018.....	28
4.1.2. Inverno 2018	33
4.1.3. Primavera 2018	38
4.1.4. Verão 2019.....	44
4.1.5. Outono 2019.....	47
4.1.6. Inverno 2019	53
4.2. Análise granulométrica	55
4.3. Salinidade.....	59
4.4. Invertebrados da Infauna	60
4.4.1. Identificação dos organismos	60
4.4.2. Densidade de galerias	65
5. DISCUSSÃO.....	71
5.1. Morfodinâmica e estações climáticas	71
5.1.1. Outono 2018.....	71
5.1.2. Inverno 2018	72
5.1.3. Primavera 2018	72
5.1.4. Verão 2019.....	73

5.1.5. Outono 2019.....	73
5.1.6. Inverno 2019	74
5.1.7. Dados meteorológicos e oceanográficos	74
5.1.8. Uso dos Drones e aplicação fotogramétrica.....	76
5.2. Distribuição granulométrica	80
5.3. Invertebrados da Infauna	83
6. CONCLUSÕES	93
REFERÊNCIAS	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A) Localização do Município de Bertioga no litoral de São Paulo delimitado pela linha vermelha. A área de cor verde representa o Parque Estadual da Serra do Mar e em amarelo a área do Parque Estadual da Restinga de Bertioga. B) Bacia de drenagem do rio Itaguapé (Modificado de Baraldo, 2018).	16
Figura 2 – Desembocadura do rio Itaguapé em Bertioga, São Paulo (Foto: Bruno Oliveira). 17	
Figura 3 – Padrão de voo realizado na desembocadura do rio Itaguapé, destacando o trajeto de sobrevoo realizado e o local de decolagem e pouso do drone (<i>Google Earth</i>).	19
Figura 4 – Localização dos três perfis na desembocadura do rio Itaguapé (<i>Google Earth</i>). ...	20
Figura 5 – A) Quadrado e trena utilizados na quantificação da infauna. B) Quadrado e paquímetro utilizado como escala (Fotos: Buchmann).	21
Figura 6 – Precipitação mensal acumulada (mm) na estação “Jardim Lido” em Bertioga, entre os meses de janeiro de 2018 e agosto de 2019 (fonte: CEMADEN).	26
Figura 7 – Altura máxima diária das ondas entre os meses de maio de 2018 a junho de 2019 (fonte: INPE/CEPETEC).	26
Figura 8 – Fotografia aérea vertical evidenciando o processo erosivo presente no Sudoeste da praia de Itaguapé. Podemos notar a vegetação local sendo afetada e a turbulência da água remobilizando o sedimento.	28
Figura 9 – Fotografia aérea oblíqua evidenciando o processo erosivo afetando a vegetação presente no Sudoeste da praia de Itaguapé.	29
Figura 10 – Ortomosaico gerado a partir das imagens obtidas no dia 17/04/2018 (Saída 0). ..	29
Figura 11 – Fotografia aérea oblíqua da desembocadura do rio tirada em 04/05/18. Nota-se as águas claras salgadas entrando nos canais e a redução da erosão no canto direito da foto.	30
Figura 12 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 04/05/2018 (Saída 1). ..	31
Figura 13 – Fotografia aérea vertical tirada em 15/06/18, evidenciando acreção sedimentar no Sudoeste da praia de Itaguapé.	32
Figura 14 – Fotografia de 15/06/18, evidenciando as escarpas deixadas pela erosão e iniciando acreção sedimentar no Sudoeste da praia (Foto: Buchmann).	32
Figura 15 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 15/06/2018 (Saída 2). ..	33
Figura 16 – Fotografia de 29/06/18, evidenciando o processo de acreção sedimentar e supressão na vegetação presente no Oeste da praia de Itaguapé (Foto: Buchmann).	34
Figura 17 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 29/06/2018 (Saída 3). ..	34
Figura 18 – Fotografia aérea vertical tirada em 17/07/18, evidenciando erosão da paleopraia no Norte da praia de Itaguapé.	35
Figura 19 – Fotografia tirada em 17/07/18, evidenciando erosão da paleopraia no Norte da praia de Itaguapé.	36
Figura 20 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 17/07/2018 (Saída 4). ..	36
Figura 21– Fotografia tirada em 28/08/18, evidenciando erosão na paleopraia. Notamos a presença de um barco virado pela ação das ondas que atingiram a praia, nas marés altas de sizígia (Foto: Buchmann).	37
Figura 22 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 28/08/2018 (Saída 6). ..	38
Figura 23 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 27/09/2018 (Saída 7). ..	39
Figura 24 – Fotografia aérea oblíqua da desembocadura do rio tirada em 20/10/18. Nota-se as águas do mar, mais claras entrando no canal principal, e a água mais escura do rio represada na desembocadura.	40
Figura 25 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 20/10/2018 (Saída 8). ..	41
Figura 26 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 31/10/2018 (Saída 9). ..	42
Figura 27 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 28/11/2018 (Saída 10). 43	
Figura 28 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 06/12/2018 (Saída 11). 44	

Figura 29 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 31/01/2019 (Saída 12).	45
Figura 30 – Fotografia aérea oblíqua tirada em 14/02/19. Nota-se no canto direito na foto um barco virado pela ação das ondas no dia anterior a coleta.....	46
Figura 31 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 14/02/2019 (Saída 13).	46
Figura 32 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 14/03/2019 (Saída 14).	47
Figura 33 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 26/03/2019 (Saída 15).	48
Figura 34 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 15/04/2019 (Saída 16).	49
Figura 35 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 23/04/2019 (Saída 17).	50
Figura 36 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 02/05/2019 (Saída 18).	51
Figura 37 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 28/05/2019 (Saída 19).	52
Figura 38 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 11/06/2019 (Saída 20).	53
Figura 39 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 03/07/2019 (Saída 21).	54
Figura 40 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 16/07/2019 (Saída 22).	55
Figura 41 – Valores de desvio padrão em relação aos valores de diâmetro médio para todos os perfis. Os valores estão representados em ϕ (Φ).....	56
Figura 42 – Valores de salinidade para os perfis 1, 2 e 3 em todas as saídas coletadas.....	59
Figura 43 – A) Galeria em superfície do poliqueta <i>Scolecopsis squamata</i> . B) Galeria do poliqueta, vista lateral (Fotos A e B: Buchmann). C) Poliqueta da família <i>Spionidae</i> em lupa. D) Detalhes do poliqueta em lupa (Fotos C e D: Irizawa, 2018).	61
Figura 44 – A) Ornamentação externa da galeria de <i>Diopatra cuprea</i> . B) Detalhe da ornamentação da galeria com escala em cm (Fotos: Buchmann).....	62
Figura 45 – A) Morfologia externa da galeria de <i>Tagelus plebeius</i> . B) Galeria interna. C) Foto com escala (Fotos: Buchmann).	62
Figura 46 – A) Morfologia em superfície da galeria de <i>Leptuca</i> spp. B) Vista lateral da galeria. C) Foto de um indivíduo macho da espécie (Fotos: Buchmann).	63
Figura 47 – A) Morfologia em superfície da galeria de <i>Callichirus major</i> . B) Foto da espécie com escala (Fotos: Buchmann).....	64
Figura 48 – A) <i>Kalliapseudes schubartii</i> (Foto: Buchmann). B) Foto do animal com escala (Foto: Angeloni).	64
Figura 49 – Densidade média de galerias da espécie <i>Scolecopsis squamata</i> no perfil 1.....	65
Figura 50 – Densidade média de galerias do gênero <i>Leptuca</i> spp. no perfil 1.....	66
Figura 51 – Densidade média de galerias da espécie <i>Scolecopsis squamata</i> no perfil 2.....	67
Figura 52 – Densidade média de galerias do gênero <i>Leptuca</i> spp. no perfil 2.....	67
Figura 53 – Densidade média de galerias da espécie <i>Tagelus plebeius</i> no perfil 2.	67
Figura 54 – Densidade média de galerias da espécie <i>Diopatra cuprea</i> no perfil 2.....	68
Figura 55 – Densidade média de galerias da espécie <i>Callichirus major</i> no perfil 2.....	68
Figura 56 – Densidade média de galerias da espécie <i>Scolecopsis Squamata</i> no perfil 3.	69
Figura 57 – Densidade média de galerias do gênero <i>Leptuca</i> spp. no perfil 3.....	69
Figura 58 – Densidade média de galerias da espécie <i>Tagelus plebeius</i> no perfil 3.	70
Figura 59 – Densidade média de galerias da espécie <i>Scolecopsis Squamata</i> por m ² em todas as campanhas realizadas do perfil 3.....	70
Figura 60 – Densidade média de galerias do gênero <i>Leptuca</i> spp. por m ² em todas as campanhas do perfil 3.....	70
Figura 61 – Exemplo de uma fotografia aérea oblíqua. Foto da desembocadura do rio Itaguapé.	76
Figura 62 – Fotografia aérea da lona azul utilizada como ponto de referência.....	78
Figura 63 – Medição do comprimento da lona azul utilizada como referência no modelo fotogramétrico da saída 2.	78
Figura 64 – Fotografia aérea contendo o barco utilizado como medida de referência.....	79

Figura 65 – Medição do comprimento do barco utilizado como referência no modelo fotogramétrico gerado computacionalmente a partir das fotografias aéreas obtidas na saída 6. 79

Figura 66 – Fotografias do mesmo local próximo ao perfil 1. **A)** Foto tirada em 09/11/2011, evidenciando o assentamento vegetal na margem de um dos canais do rio Itaguapé. **B)** Foto tirada em 07/11/2016, evidenciando o processo de deposição de sedimento no mesmo banco vegetal próximo ao perfil 1, nota-se que já não havia mais a presença dos canais naquela região (Fotos: Buchmann). 81

Figura 67 – Sequência de imagens de satélite e foto aérea em ordem cronológica evidenciando os processos de acreção e erosão na região Oeste da desembocadura do rio Itaguapé. **A)** 14/04/2002. **B)** 01/10/2009. **C)** 02/09/2011. **D)** 13/11/2017. **E)** Foto aérea, 17/04/2018. **F)** 11/12/2018. (Fotos: **A, B, C, D, F:** *Google Earth Pro*; **E:** *DJI Phantom 3*)... 82

Figura 68 – **A)** Uma das réplicas de 1 m² dos primeiros metros do perfil 1 na saída 2 (15/06/2018), evidenciando a grande quantidade de galerias do poliqueta da família *Spionidae* na superfície. **B)** Réplica de 1 m² dos primeiros metros do perfil 1 na saída 7 (27/09/2018), nota-se a baixa quantidade de galerias na superfície do substrato (Fotos: Buchmann). 85

Figura 69 – **A)** Foto da campanha 9 (31/10/2018) nas adjacências do perfil 1. **B)** Foto da campanha 12 (31/01/2019), na mesma região do perfil 1. Observa-se a baixa quantidade de galerias do poliqueta *Scolelepis squamata* na superfície do substrato na primeira imagem e o aumento das galerias da espécie na segunda imagem (Fotos: Buchmann). 86

Figura 70 – **A)** Foto da campanha 2 (15/06/2018) nas adjacências do perfil 1. **B)** Foto da campanha 17 (23/04/2019), na mesma região do perfil 1. Nota-se na primeira imagem a vegetação sendo soterrada. Na segunda imagem vemos as mesmas plantas com as raízes expostas, pois havia se iniciado o processo erosivo desde a saída 13 (Fotos: Buchmann). 86

Figura 71 – Foto dos arredores do perfil 1 na saída 10 em 28/11/2018. Observa-se a presença de galerias do crustáceo *Leptuca* spp. e a vegetação sendo soterrada pelo sedimento arenoso depositado pela ação das ondas e das marés (Foto: Buchmann). 87

Figura 72 – **A)** Foto dos arredores do perfil 1 na saída 6 em 28/08/2018, nota-se a presença de uma galeria ornamentada da espécie *Diopatra cuprea* no canto inferior esquerdo da imagem. **B)** Destaque da galeria do mesmo indivíduo. Notam-se as marcas de fundo sugerindo uma região de constante passagem de água (Fotos: Buchmann). 88

Figura 73 – Foto do perfil 2 com o quadrado e trena utilizados nas coletas. Nota-se o tronco no fundo da imagem, utilizado como referência neste ponto (Foto: Buchmann). 89

Figura 74 – Foto do quadrado utilizado na campanha 2 (15/06/18) (Foto: Buchmann). 89

Figura 75 – **A)** Foto do perfil 2 na campanha 12 com o quadrado utilizado no estudo. Podemos notar o substrato mais escuro, indicando maiores concentrações de lama na superfície. **B)** Destaque para a presença de uma concha vazia articulada de um indivíduo juvenil da espécie *Tagelus plebeius* (Fotos: Buchmann). 90

Figura 76 – Ave da espécie *Charadrius collaris* (batuíra-de-coleira), que habita todo litoral do Brasil se alimentando dos poliquetas *Scolelepis Squamata*, na campanha 3 (29/06/2018), nas proximidades do perfil 1 (Foto: Buchmann). 91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas dos três perfis de coletas de dados.	20
Tabela 2 – Intervalos de tamanho do grão em escala Φ e escala mm/ μ m, para as classes de areia, silte e argila (adaptado de Wentworth, 1922).	24
Tabela 3 – Escala descritiva do grau de seleção dos sedimentos (Folk & Ward, 1957).	24
Tabela 4 – Datas e horários das coletas, dados modelos e dados meteoceanográficos.	27
Tabela 5 – Valores de diâmetro médio (Φ) para todas as campanhas.	56
Tabela 6 – Valores de desvio padrão (Φ) para todas as campanhas.	56
Tabela 7 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 1.	58
Tabela 8 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 2.	58
Tabela 9 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 3 (Início).	58
Tabela 10 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 3 (Fim).	58

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas costeiros no litoral brasileiro se formaram a partir de sistemas litorâneos regressivos, são atualmente controlados por uma complexa dinâmica costeira que remodela constantemente as praias arenosas, resultando em mudanças morfológicas ambientais e nos padrões de transporte sedimentar local (RODRIGUES, 1965; FLORENZANO, 2008).

Os sistemas fluviais podem modificar e influenciar a dinâmica praial, formando sistemas estuarinos, definidos por Cameron & Pritchard (1963) e adaptados por Dyer (1997) como “*corpos de água costeiros semifechados, com ligação livre com o oceano aberto, estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré*”. Inúmeros fatores podem influenciar o sistema estuarino, como pluviosidade local, temperatura, salinidade, ondas, marés e até a composição dos sedimentos locais. Os manguezais e marismas se favorecem destes fatores característicos dos estuários para se estabelecer e dominar os ambientes estuarinos. Nas desembocaduras dos rios é muito comum a presença de deltas, que formam quando a taxa de aporte sedimentar supera a capacidade de retrabalhamento do processo de deposição (VILLWOCK, 1994; HOEFEL, 1998; CHRISTIE *et al.*, 1999; ROSSI & MATTOS, 2002; SOUZA *et al.*, 2005; MENEZES, 2006; UCHIYAMA, 2007).

Grande parte dos animais que habitam o ambiente praial e estuarino são invertebrados marinhos, que se estabelecem abaixo da superfície, ou seja, dentro dos sedimentos, geralmente composto por areia e lama. Este grupo de organismos é denominado de infauna, composto em sua maioria de poliquetas, crustáceos e moluscos, animais muito importantes para as comunidades marinhas, responsáveis por processos que auxiliam na manutenção de matéria orgânica e oxigenação do substrato. A classe granulométrica do sedimento onde o organismo se encontra pode ser um fator crucial para distribuição e estabelecimento de muitas espécies, assim como ondas de tempestades, correntes, predação, competição e fatores antrópicos. O sedimento é controlado pela hidrodinâmica local, e está diretamente relacionado com as taxas de oxigênio intersticial, o que irá influenciar diretamente os organismos. (PETERSON, 1991; ALONGI & CHRISTOFFERSEN; 1992; LARA & ZAMORA, 1994; LEVIN, 2001; RODIL *et al.*, 2008; BAUCON & FELLETTI, 2013).

A zona costeira concentra grande parte da população mundial, apesar de representar menos de 15% da superfície terrestre, e é uma área com grandes vantagens para a ocupação humana. O litoral paulista tem cerca de 400 km de extensão, e sua população gira em torno de

1,7 milhões de habitantes, podendo duplicar em certas épocas do ano. A Região Metropolitana da Baixada Santista apresenta a maior taxa de degradação ambiental do litoral paulista. Por conta da fragilidade destes ambientes e sua densa ocupação, estes ambientes estão sujeitos a impactos antrópicos de diversos aspectos, como urbanização, turismo, atividades industriais e portuárias. Esses fatores podem ser encarados como desafios para gestão de áreas costeiras a nível mundial. Desta forma, estudar estes ambientes complexos, sua biodiversidade, os processos ecossistêmicos e de modificação morfológica são de grande importância para gerar subsídios que corroborem com a proteção ambiental destes locais (GRUBER *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2005; MUEHE *et al.*, 2006; LOPES, 2007; FONTES *et al.*, 2008).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a relação entre a morfodinâmica da desembocadura do rio Itaguapé em Bertioga e os invertebrados presentes na comunidade da infauna dos bancos arenosos na desembocadura do rio. São objetivos específicos:

- Descrever a morfodinâmica da desembocadura do rio Itaguapé, através de imagens aéreas de alta resolução georreferenciadas, obtidas com o uso de drones;
- Identificar e quantificar as espécies de invertebrados presentes na infauna dos bancos arenosos na desembocadura do rio Itaguapé;
- Avaliar a influência dos fatores abióticos (granulometria, salinidade, ondas, ventos, marés e precipitação) na biodiversidade da infauna.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na desembocadura do rio Itaguapé no município de Bertioga, litoral do Estado de São Paulo (figura 1), o rio deságua na praia de Itaguapé e por se tratar de um estuário de planície costeira segundo a classificação de Pritchard (1952), este corpo d'água está sujeito aos efeitos de micromarés, do tipo mista, semidiurna, cujas médias correspondem a 1,2 m na sizígia a 0,25 m na quadratura (DAVIES, 1964; MESQUITA & HARARI, 1983; MIRANDA *et al.*, 2002).

Suguio & Martín (1978) descreveram as unidades geológicas quaternárias de Bertioga formadas por depósitos arenosos originados durante a última fase transgressiva do Holoceno. A paleopraia de Itaguapé é composta por depósitos sedimentares arenosos expostos ao longo de uma falésia com 4m de altura; composta por areias finas, moderadamente a bem selecionadas, com estratificação planoparalela, com icnofósseis de *Ophiomorpha nodosa* (galerias do crustáceo cavador *Callichirus major*). Datações por luminescência opticamente estimulada (LOE) obteve idades 4,4ka \pm 0,3 e 3,6ka \pm 0,2 (GUEDES *et al.*, 2017). A atual praia de Itaguapé (figura 2) é do tipo intermediária tendendo a dissipativa, com terraço de baixa mar, associada a uma desembocadura dominada por ondas (CAPEL, 2009; ROSÁRIO, 2010).

A área de estudo encontra-se protegida por uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, o Parque Estadual Restinga de Bertioga (PERB). O PERB ocupa uma área de 9.312,32 hectares, 19% do município, formando um dos últimos corredores ecológicos protegidos que liga o ambiente marinho costeiro e a Serra do Mar. O município apresenta expansão urbana somente em parte da planície costeira, pois a região da encosta da serra é protegida pelo Parque Estadual da Serra do Mar, bem como sua área adjacente que serve como zona de amortecimento (SÃO PAULO, 1977; FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2018).

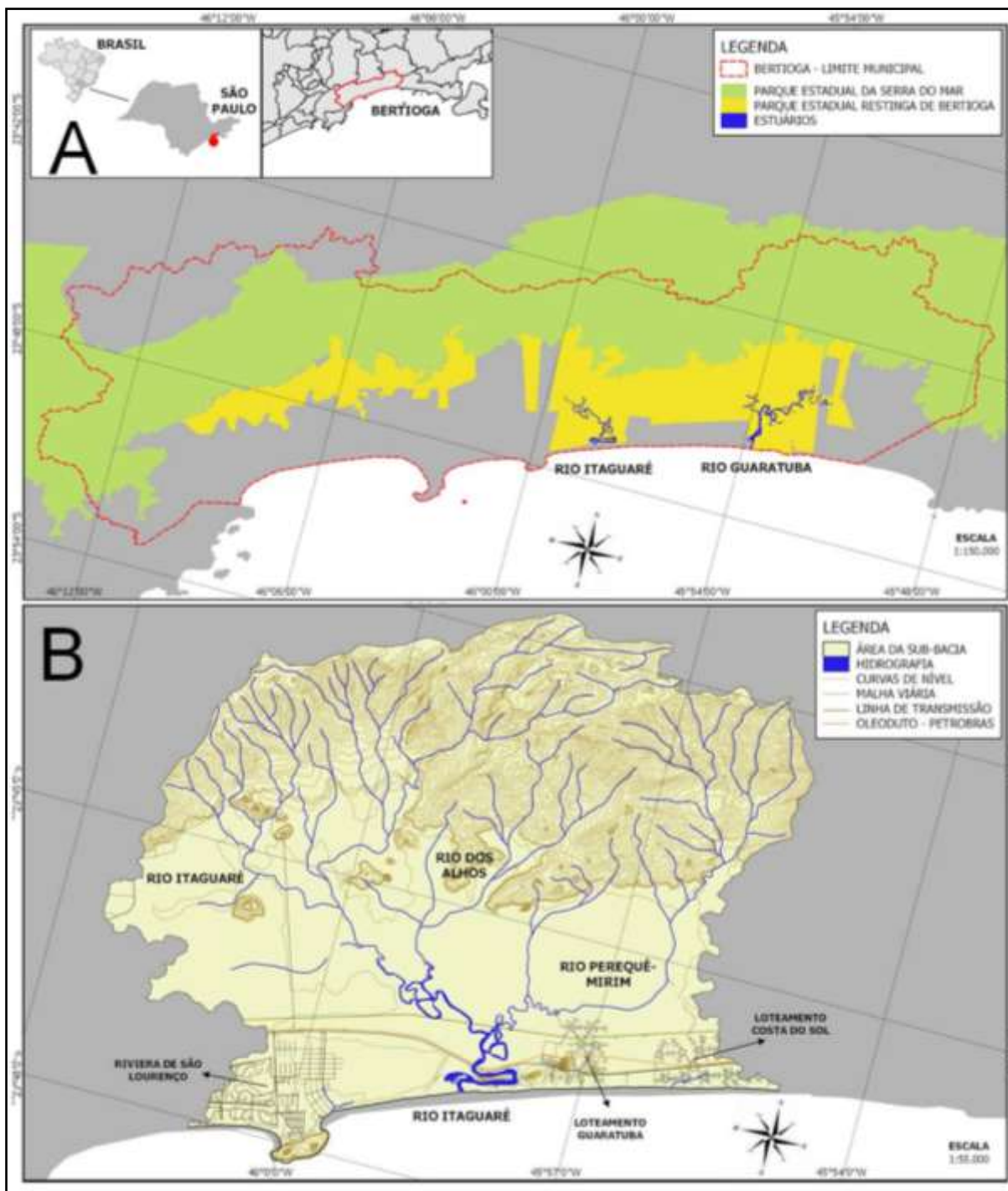


Figura 1 – **A)** Localização do Município de Bertioga no litoral de São Paulo delimitado pela linha vermelha. A área de cor verde representa o Parque Estadual da Serra do Mar e em amarelo a área do Parque Estadual da Restinga de Bertioga. **B)** Bacia de drenagem do rio Itaguapé (Modificado de Baraldo, 2018).



Figura 2 – Desembocadura do rio Itaguapé em Bertiooga, São Paulo (Foto: Bruno Oliveira).

Criado em 2010 pelo Decreto Estadual 56.500, o PERB tem como objetivos: “A proteção da biodiversidade, dos recursos hídricos e do corredor biológico entre o ambiente marinho, costeiros, a restinga e a Serra do Mar, formando um contínuo biológico para garantir a perpetuidade dos seus processos ecológicos e fluxos gênicos, bem como a realização do ecoturismo, lazer e a educação ambiental para toda a sociedade.” O PERB possui um Plano Emergencial de Uso Público, divulgado em 2014 e recentemente em 2018, a Fundação Florestal divulgou o Plano de Manejo, mesmo assim o PERB conta com pouca infraestrutura, o que dificulta o monitoramento e fiscalização das áreas protegidas (SÃO PAULO, 2010; FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014).

O PERB é um ponto turístico da região que conta com atrativos como a beleza cênica local, vegetação preservada, além das águas do rio Itaguapé que oferecem espaço para turismo e lazer. O município apresenta cerca de 83,50% de vegetação nativa preservada, além de aspectos topográficos distintos, incluindo planícies costeiras, caracterizadas por um relevo suave e também a Serra do Mar, que possui um relevo acidentado e com grande declividade (BERTIOGA, 2017).

O monitoramento de áreas de preservação como a desembocadura do rio Itaguapé é fundamental para gerar subsídios que contribuam com o Plano de Manejo, tanto para a caracterização dos processos que controlam este ambiente, como na identificação e prevenção de impactos ambientais. O presente trabalho pretende dar continuidade ao monitoramento do PERB realizado desde 2008 pelo Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia (LEP) do Instituto de Biociências da UNESP – CLP em São Vicente.

3.2. Trabalho de campo

3.2.1. Obtenção das imagens aéreas

As saídas foram realizadas mensalmente, desde abril de 2018 até julho de 2019, em campo foram coletados dados para avaliar a morfodinâmica da desembocadura do rio Itaguapé através do uso de drones e dados para avaliar a análise granulométrica dos sedimentos, a salinidade da água e a biodiversidade da infauna presente.

Para realizar o monitoramento da desembocadura do rio Itaguapé utilizamos dois drones do tipo quadricóptero (4 hélices), da marca *DJI*, os modelos *Phantom 3 (4k)* e *Phantom 4 (Advanced)*. O *Phantom 3* possui autonomia de voo de até 23 minutos e alcance de até 1,2 km, possui sistema de posicionamento global GPS, captura imagens com até 12 MP, além de filmar em alta definição. O *Phantom 4* possui autonomia de até 28 minutos de voo, alcance de até 7 km, possui sistema de posicionamento global com GPS e GLONASS, além de capturar imagens de 20 MP e filmar em alta definição. Por conta da presença do sistema de posicionamento global os dois equipamentos geram imagens georreferenciadas com dados de latitude, longitude e altitude.

Os sobrevoos foram padronizados e realizados paralelamente à linha de costa, sempre que possível nos períodos de maré baixa (figura 3). Medidas de segurança foram tomadas, seguindo as orientações da legislação vigente para prevenir qualquer tipo de acidente durante a execução dos voos. Para pilotar a aeronave foram realizados treinamentos específicos para a função, além da obtenção das licenças de voo necessárias segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).



Figura 3 – Padrão de voo realizado na desembocadura do rio Itaguapé, destacando o trajeto de sobrevoo realizado e o local de decolagem e pouso do drone (*Google Earth*).

3.2.2. Coleta dos sedimentos e água para análises

Para determinar a granulometria e salinidade dos bancos arenosos na desembocadura do rio Itaguapé foram feitos três perfis georreferenciados com um GPS da marca *Garmin* modelo *Etrex Legend*. Em cada perfil foram coletadas amostras de sedimento superficial para posterior análise granulométrica do material, cujo objetivo é determinar a dimensão dos grãos e sua distribuição estatística de frequências. A análise granulométrica nos permite avaliar a distribuição superficial dos sedimentos a partir do método analítico dos parâmetros granulométricos de Folk & Ward (1957).

Nos perfis 1 e 2 as amostras foram coletadas nos pontos correspondentes ao início do perfil. No perfil 3 pudemos observar diferenças nas características dos sedimentos no ponto inicial em relação ao ponto final da coleta. Por este motivo no perfil 3 foram coletadas amostras de sedimento nos pontos inicial (P3 –Início) e final do perfil 3 (P3 – Fim). Todas as amostras de sedimento foram coletadas com o auxílio de uma pá e alocadas dentro de sacos plásticos com a identificação sobre a data de realização da coleta e nome do perfil amostrado.

Foram coletadas amostras de água para análise de salinidade, com o auxílio de *ependorff* as amostras foram armazenadas, devidamente identificadas e encaminhadas para o laboratório.

3.2.3. Coleta de dados sobre os invertebrados da infauna

O estudo da infauna deu-se a partir da identificação e quantificação dos organismos da infauna presentes nos perfis 1, 2 e 3 localizados nos bancos arenosos na desembocadura do rio Itaguapé. Foram marcadas as coordenadas geográficas com um GPS da marca *Garmin* modelo *Etrex Legend* (tabela 1). Em cada perfil foi analisado 10 réplicas de 1 m² (figuras 4 e 5). Nas primeiras saídas os organismos presentes nos perfis foram observados e fotografados para identificação e sua correlação com as galerias produzidas. Posteriormente somente as galerias relativas a cada espécie foram quantificadas evitando a coleta dos indivíduos a cada perfil realizado.

Tabela 1 – Coordenadas dos três perfis de coletas de dados.

	Início			Fim		
	GPS	Latitude	Longitude	GPS	Latitude	Longitude
Perfil 1	001:	-23,7807999	-45,97396977	002:	-23,78072388	-45,97392468
Perfil 2	003:	-23,77985048	-45,97264392	004:	-23,77980513	-45,97256245
Perfil 3	005:	-23,77962166	-45,96901506	006:	-23,77958746	-45,96907943



Figura 4 – Localização dos três perfis na desembocadura do rio Itaguapé (*Google Earth*).

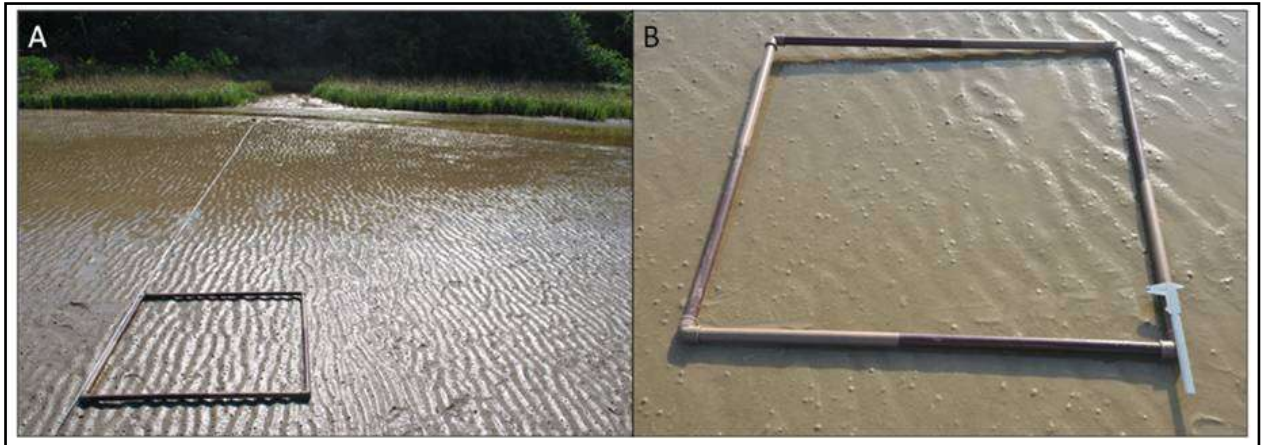


Figura 5 – A) Quadrado e trena utilizados na quantificação da infauna. **B)** Quadrado e paquímetro utilizado como escala (Fotos: Buchmann).

3.3. Trabalho de laboratório

3.3.1. Processamento das imagens

Para o processamento das imagens aéreas obtidas através dos drones, foi utilizado o programa *Agisoft Metashape* (versão gratuita), que tem a capacidade de gerar ortofotografias, modelos digitais de elevação e modelos tridimensionais. Para isso alguns cuidados têm de ser tomados antes do processamento dos dados, como a escolha de imagens adequadas aos padrões do programa, além de cautela na definição dos parâmetros que serão inseridos no programa para que o resultado não seja distorcido.

Somente foram utilizadas imagens sem nuvens, com um bom foco e sem borrões, causados normalmente por parâmetros mal definidos na configuração da câmera, velocidade do voo na hora da fotografia ou até mesmo o mal tempo, como em dias de neblina que pode encobrir parte da imagem obtida. Analisamos as fotos onde havia muito reflexo do sol incidindo nos corpos d'água, geralmente estas imagens causavam muitos erros durante o processamento.

O processamento inclui quatro estágios, primeiramente é realizado o processo de alinhamento das fotografias, que consiste encontrar os pontos comuns entre as fotos e agrupar esses pontos, esse processo delimita a posição do drone em cada fotografia. Como resultado o programa cria uma nuvem esparsa de pontos e um grupo com as posições das câmeras em cada foto. O segundo estágio é gerar uma nuvem densa de pontos, o programa utiliza as posições estimadas para cada fotografia e as próprias imagens para processar os dados, a nuvem gerada pode ser editada, classificada e até exportada para outros programas. O terceiro

estágio é a criação da malha do modelo tridimensional, ela pode ser originada a partir da nuvem densa ou esparsa de pontos. O último estágio é a texturização deste modelo a partir das imagens processadas, neste estágio há a possibilidade de gerar uma ortofotografia, que é um conjunto de imagens georreferenciadas agrupadas em uma única imagem, e modelos digitais de elevação. As imagens aéreas foram processadas seguindo estes passos, gerando um modelo tridimensional e uma ortofotografia da desembocadura do rio Itaguapé para cada sobrevoo realizado. Somente serão apresentados neste trabalho as ortofotografias geradas, os modelos tridimensionais estão disponíveis no acervo digital do Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia (LEP) do Instituto de Biociências da UNESP – CLP em São Vicente.

3.3.2. Dados meteorológicos e oceanográficos

Os dados de direção e amplitude de ondas e ventos foram obtidos através dos oceanogramas disponíveis em meio eletrônico do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-CPTEC), para a região de Bertioga. Os dados foram processados utilizando o programa *Microsoft Office Excel 2007*, foram criados gráficos para representar os dados de amplitude de ondas e ventos.

Os dados de previsão de maré foram obtidos por meio de tábuas de marés disponibilizadas em meio eletrônico do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, foram utilizadas as tábuas de maré de 2018 e 2019 para a localidade do Porto de Santos – Torre Grande. Esses dados foram utilizados para o planejamento e realização dos trabalhos em campo.

Os dados de pluviosidade foram coletados em meio eletrônico do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), foram utilizados os dados mensais disponíveis da estação “Jardim Lido” em Bertioga. Os dados foram processados utilizando o programa *Microsoft Office Excel 2007*, foram criados gráficos para representar a precipitação total em milímetros, agrupados por dia, mês e ano.

3.3.3. Análise granulométrica

As amostras coletadas foram lavadas para retirada dos sais e peneiradas em malha de 0,063 mm para retirada de silte e argila (grãos menores de 0,062 mm), o material peneirado (fração lamosa) foi colocado em um béquer previamente identificado, e junto do material que não atravessou a malha (fração arenosa), identificado em outro béquer, foram submetidos à secagem em estufa (marca *Fanem*) a 60 °C por no mínimo 12h para retirada da água das

amostras, que após secas foram pesadas em balança analítica de precisão (marca *Bel*, modelo 210A, precisão de 0,0001 g).

Para o peneiramento da fração arenosa o método foi baseado em Wentworth (1922), utilizando um conjunto de nove peneiras empilhadas com malhas entre areia média (0,250 mm) e areia muito fina (0,063mm), crescente de baixo para cima, esse conjunto foi colocado em um agitador eletromagnético digital (marca *Rotap*), em vibração (3.600 rpm), pelo tempo padrão de 10 minutos. O material retido em cada uma das peneiras foi recolhido, pesado em balança analítica de precisão (marca *Bel*, modelo 210A, precisão de 0,0001 g). As frações de cada peneiramento foram arquivadas em sacos plásticos devidamente identificados e os valores foram processados no programa *Microsoft Office Excel*.

Com o auxílio do programa *GRADISTAT* (versão 8.0), conseguimos obter os resultados das distribuições granulométricas das amostras coletadas. Neste estudo foram utilizadas as estatísticas granulométricas: diâmetro médio do grão e desvio padrão, baseando-se nas fórmulas de Folk & Ward (1957) para determinar os valores dos parâmetros estatísticos das amostras analisadas. Foi feita uma análise estatística descritiva simples dos parâmetros de média e desvio padrão, buscando estabelecer características do padrão de distribuição das amostras.

Para estabelecer o tamanho do grão é usual na sedimentologia o uso da escala Φ (phi), para simplificar a representação numérica das classes granulométricas, definida por:

$\Phi = -\log_2 d$, onde d = diâmetro das partículas de sedimento em milímetros.

O principal objetivo desta transformação é facilitar a aplicação dos métodos estatísticos convencionais à sedimentologia. O diâmetro médio do grão é considerado uma medida de tendência central, que permite saber se, em média, os sedimentos que constituem uma distribuição, são mais ou menos grosseiros do que os de outra distribuição. Geralmente estão relacionados com a intensidade do agente de transporte e a energia do ambiente deposicional (SEABRA, 2012).

Diversos autores propuseram diferentes métodos para o cálculo do diâmetro médio, neste estudo foram utilizadas as formas gráficas de Folk & Ward (1957), expressa em termos de Φ , o cálculo da Média Gráfica (M_z) é feito através da seguinte fórmula:

$$M_z = \frac{\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16}}{3}$$

Para a classificação do diâmetro dos grãos foi utilizada a tabela 2, que reúne os limites das classes granulométricas desde Areia Muito Grossa, até Silte e Argila, estabelecidos por Wentworth (1922).

Tabela 2 – Intervalos de tamanho do grão em escala Φ e escala mm/ μ m, para as classes de areia, silte e argila (adaptado de Wentworth, 1922).

$\Phi = -\log_2 d$	mm/ μ m	Wentworth (1922)
0 – -1	1mm – 2mm	Areia Muito Grossa
1 – 0	500 μ m – 1mm	Areia Grossa
2 – 1	250 μ m – 500 μ m	Areia Média
3 – 2	125 μ m – 250 μ m	Areia Fina
4 – 3	63 μ m – 125 μ m	Areia Muito Fina
> 4	< 63 μ m	Silte + Argila

O desvio padrão é uma medida de dispersão, que expressa a maior ou menor concentração de partículas em torno da média. É a medida de dispersão mais utilizada na estatística convencional (DIAS, 2004). Ela mede o grau de seleção nas amostras e a proposta de Folk & Ward (1957) segue a seguinte fórmula:

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

Folk & Ward (1957) sugerem que uma escala qualitativa (tabela 3) seja usada para descrever o grau de seleção dos sedimentos, com os seguintes limites:

Tabela 3 – Escala descritiva do grau de seleção dos sedimentos (Folk & Ward, 1957).

Grau de Seleção	σ_1
Muito Bem Selecionado	< 0.35
Bem Selecionado	0.35 – 0.50
Moderadamente Bem Selecionado	0.50 – 0.70
Moderadamente Selecionado	0.70 – 1.00
Pobrememente Selecionado	1.00 – 2.00
Muito Pobrememente Selecionado	2.00 – 4.00
Extremamente Mal Selecionado	> 4.00

3.3.4. Salinidade

A água coletada nos perfis foi analisada com o auxílio de um refratômetro salinômetro óptico (marca *EDUTECH*, modelo *EEQ904*, medição: 0 a 100% / 1.000~1.070sg, resolução: 1% / 0,001sg), os valores de salinidade foram anotados e processados no programa *Microsoft Office Excel*.

3.3.5. Identificação e quantificação dos invertebrados da infauna

Os organismos encontrados em campo foram registrados fotograficamente com uma camera (marca *Nikon*, modelo *D60*), a identificação foi realizada com o uso de manuais de identificação e a partir dos trabalhos de Irizawa (2017) e Oliveira (2018) que realizaram a identificação dos organismos da infauna da praia de Itaguapé, e o georreferenciamento da desembocadura. Os dados sobre a biodiversidade foram registrados em tabelas e processados no programa *Microsoft Office Excel*, e analisados em relação as mudanças morfológicas da desembocadura do rio Itaguapé, da granulometria local e da salinidade (GUTU, 1996; MELO, 1996; SALVADOR *et al.*, 1998; MELO, 1999; AMARAL, 2008; LAURINO, 2011; IRIZAWA, 2017).

4. RESULTADOS

4.1. Descrição morfodinâmica, dados meteorológicos e oceanográficos

As saídas de campo se iniciaram em abril de 2018 e ocorreram até julho de 2019. Foram realizadas 23 saídas na desembocadura do rio Itaguapé para a obtenção das imagens aéreas de alta resolução. A tabela 4 reúne as condições meteorológicas e oceanográficas, os horários da realização dos sobrevoos, além dos dados de erro médio e tamanho do pixel para cada ortofotografia produzida.

Após o processamento das imagens foram gerados 23 ortofotografias da desembocadura do rio Itaguapé, foi possível descrever os movimentos morfodinâmicos da desembocadura do rio Itaguapé e associá-los aos processos climáticos atuantes ao longo do tempo de estudo. Para a representação dos dados referentes a pluviosidade foi elaborado um gráfico com a precipitação mensal acumulada em milímetros, entre os meses de janeiro de 2018 e agosto de 2019 (figura 6). Para a representação dos dados de ondas foi elaborado um gráfico com os valores de alturas máximas diárias das ondas em Bertiooga para os meses de maio de 2018 junho de 2019 (figura 7).



Figura 6 – Precipitação mensal acumulada (mm) na estação “Jardim Lido” em Bertiooga, entre os meses de janeiro de 2018 e agosto de 2019 (fonte: CEMADEN).

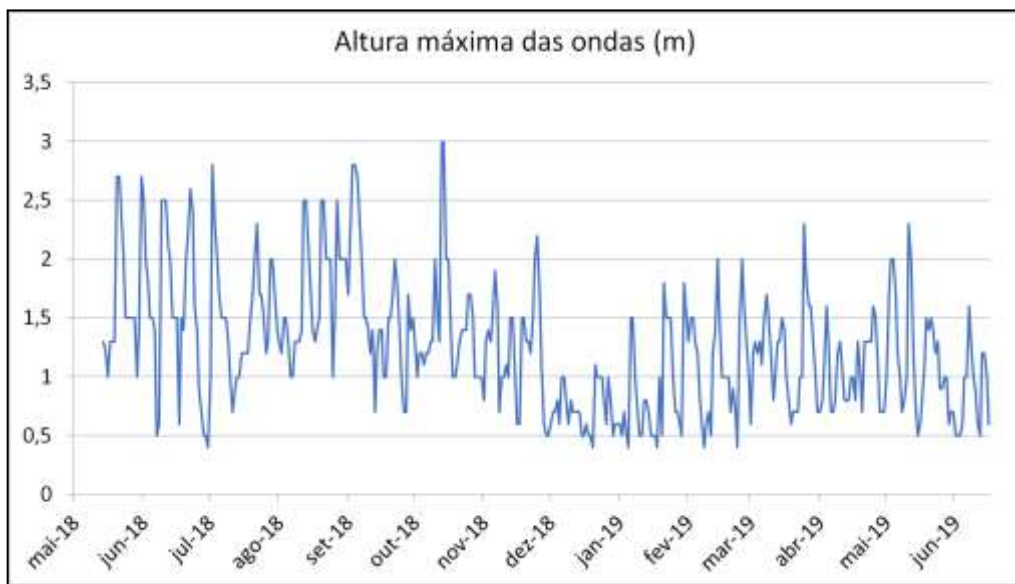


Figura 7 – Altura máxima diária das ondas entre os meses de maio de 2018 a junho de 2019 (fonte: INPE/CEPETEC).

Tabela 4 – Datas e horários das coletas, dados modelos e dados meteoceanográficos.

	Saída	Data	Maré Hora - Altura	Horário do sobrevoo	Erro médio	Tamanho do Pixel	Ondulação Altura e Direção	Vento Velocidade e Direção
Outono	0	17/04/2018	09:58 - 0.2 m 16:08 - 1.5 m	10:38	12.46 m	11.5 cm	-	-
	1	04/05/2018	12:00 - 0.3 m 17:11 - 1.3 m	14:30	0.20 m	3.05 cm	1.8 m SE	4.0 m/s NE
	2	15/06/2018	03:11 - 1.2 m 10:24 - 0.1 m	09:25	1.31 m	10.5 cm	2.6 m SSE	4.0 m/s SE
Inverno	3	29/06/2018	03:02 - 1.3 m 09:47 - 0.1 m	09:35	1.90 m	10.7 cm	1.2 m SE	1.8 m/s NE
	4	17/07/2018	12:19 - 0.2 m 18:11 - 1.1 m	14:01	1.60 m	12.9 cm	0.8 m SE	3.0 m/s NE
	5	03/08/2018	05:19 - 1.0 m 13:43 - 0.4 m	Não Houve voo	-	-	1.6 m SSE	4.0 m/s L
	6	28/08/2018	10:17 - 0.0 m 16:02 - 1.4 m	10:53	1.15 m	15.4 cm	2.2 m SSE	5.8 m/s L
Primavera	7	27/09/2018	03:53 - 1.5 m 10:26 - 0.1 m	09:42	3.15 m	12.9 cm	1.3 m L	5.0 m/s N
	8	20/10/2018	06:04 - 0.2 m 12:34 - 1.3 m	10:21	1.73 m	13.8 cm	1.3 m SE	3.0 m/s NNE
	9	31/10/2018	10:51 - 1.2 m 16:41 - 0.7 m	13:00	1.19 m	17.5 cm	1.5 m SE	6.1 m/s NE
	10	28/11/2018	08:54 - 1.1 m 13:09 - 0.7 m	09:52	0.6 m	19.3 cm	1.5 m SSE	4.0 m/s SE
	11	06/12/2018	07:45 - 0.4 m 14:06 - 1.2 m	11:48	1.67 m	17.5 cm	1.2 m S	3.3 m/s NO
Verão	12	31/01/2019	05:34 - 0.7 m 13:17 - 1.0 m	08:59	0.50 m	20.9 cm	0.5 m SE	5.0 m/s NNE
	13	14/02/2019	04:41 - 0.6 m 12:23 - 0.9 m	11:36	0.48 m	14 cm	1.5 m SSE	4.0 m/s NE
	14	14/03/2019	07:11 - 0.8 m 15:02 - 0.6 m	09:57	0.52 m	22.2 cm	1.0 m SE	5.0 m/s NE
Outono	15	26/03/2019	04:32 - 1.0 m 12:45 - 0.4 m	08:36	2.28 m	13.1 cm	0.7 m SE	4.2 m/s NE
	16	15/04/2019	07:09 - 0.4 m 12:56 - 1.2 m	08:47	7.10 m	13.3 cm	0.7 m SE	4.0 m/s NE
	17	23/04/2019	03:56 - 1.1 m 11:47 - 0.3 m	08:40	1.89 m	14.4 cm	0.9 m S	4.2 m/s O
	18	02/05/2019	07:30 - 0.3 m 14:02 - 1.4 m	08:35	3.49 m	13.7 cm	0.6 m SSE	2.0 m/s N
	19	28/05/2019	06:38 - 0.6 m 11:38 - 1.1 m	08:24	1.62 m	13.5 cm	0.7 m SSE	6.0 m/s NE
	20	11/06/2019	05:41 - 0.6 m 10:54 - 1.0 m	09:40	0.92 m	13.5 cm	1.0 m SE	5.0 m/s NE
Inverno	21	03/07/2019	02:53 - 1.3 m 09:36 - 0.1 m	09:30	1.95 m	20.4 cm	1.4 m S	4.0 m/s N
	22	16/07/2019	08:28 - 0.0 m 14:47 - 1.4 m	10:33	6.92 m	13.1 cm	1.0 m S	7.0 m/s SO

4.1.1. Outono 2018

No dia 17/04/2018 (saída 0), o canal principal da desembocadura do rio Itaguapé estava causando erosão no Sudoeste da praia, inclusive afetando a vegetação local (figuras 8 e 9). Podemos observar a presença de canais secundários situados no Norte da praia que possuíam pequenas ligações com o canal principal do rio, além da barra arenosa a Leste da praia. A altura da maré baixa neste dia foi de 0,2 m às 09h58. O sobrevoo foi realizado às 10h38, próximo do horário da baixa mar. Os dados de altura e direção das ondas e ventos não puderam ser obtidos para esta data. Os dados referentes à precipitação acumulada mostram que desde o início do mês de abril havia chovido cerca de 5 mm até a data da coleta, uma média de 0,31 mm por dia de chuva. A ortofoto gerada (figura 10) apresentou erro médio de 12,46 m, e uma resolução de 11,5 cm por pixel. Apesar de terem sido processadas, as imagens obtidas não foram suficientes para gera um modelo satisfatório, ainda assim serviram para a descrição da morfodinâmica local.



Figura 8 – Fotografia aérea vertical evidenciando o processo erosivo presente no Sudoeste da praia de Itaguapé. Podemos notar a vegetação local sendo afetada e a turbulência da água remobilizando o sedimento.



Figura 9 – Fotografia aérea oblíqua evidenciando o processo erosivo afetando a vegetação presente no Sudoeste da praia de Itaguaré.

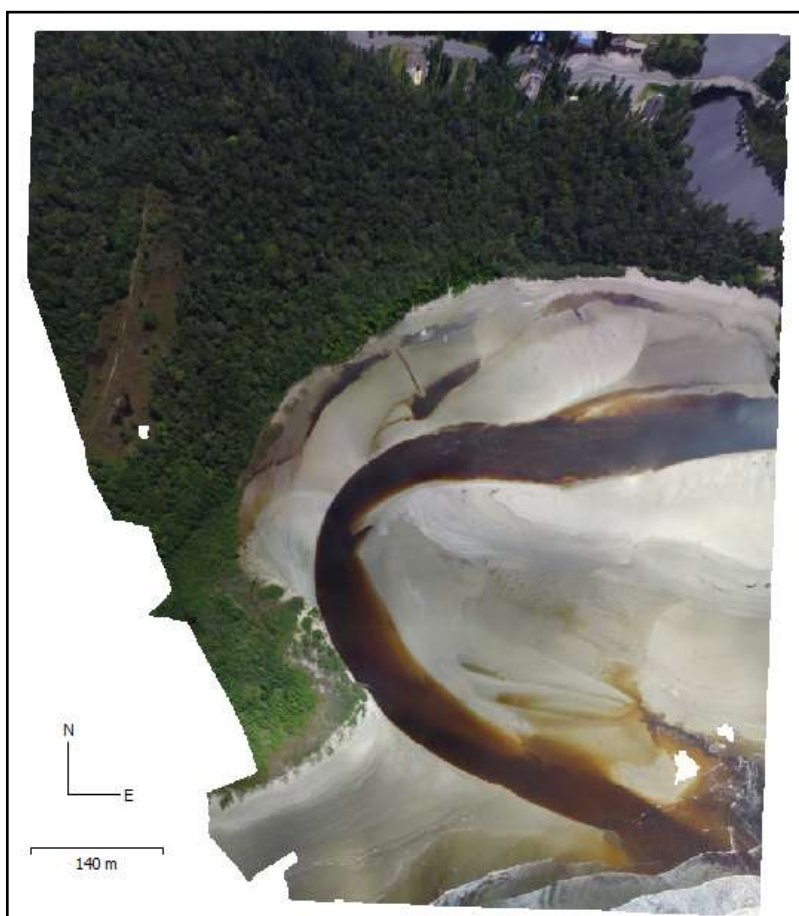


Figura 10 – Ortomosaico gerado a partir das imagens obtidas no dia 17/04/2018 (Saída 0).

No dia 04/05/2018 (saída 1) a erosão no Sudoeste da praia reduziu consideravelmente (figura 11), o final do canal que chega ao mar começou a migrar para Leste, mais ao centro da praia. Havia a presença dos canais secundários no Norte e Nordeste, menores que na saída anterior. A altura da maré baixa foi de 0,3 m às 12h e a maré alta chegou a 1,3 m às 17h11. O sobrevoo foi realizado às 14h30, próximo ao horário de maré alta, aonde pudemos notar as águas salgadas mais claras entrando nos canais do rio. As ondas chegaram a 1,8 m de Sudeste, enquanto os ventos chegaram a intensidades de 4 m/s de Nordeste, o qual contribuiu para o escoamento das águas fluviais na maré vazante. Desde a última coleta foi registrado um acumulado de 50 mm de chuva na região, em média 2,94 mm diários. A ortofotografia gerada para esta saída (figura 12) apresentou erro médio de 0,20 m, e uma resolução de 3,05 cm/pixel. As fotografias utilizadas para geração da ortofoto não foram suficientes para cobrir toda a área de estudo, abrangendo somente o Noroeste da praia de Itaguapé, ainda assim serviram para a descrição da morfodinâmica local.



Figura 11 – Fotografia aérea oblíqua da desembocadura do rio tirada em 04/05/18. Nota-se as águas claras salgadas entrando nos canais e a redução da erosão no canto direito da foto.

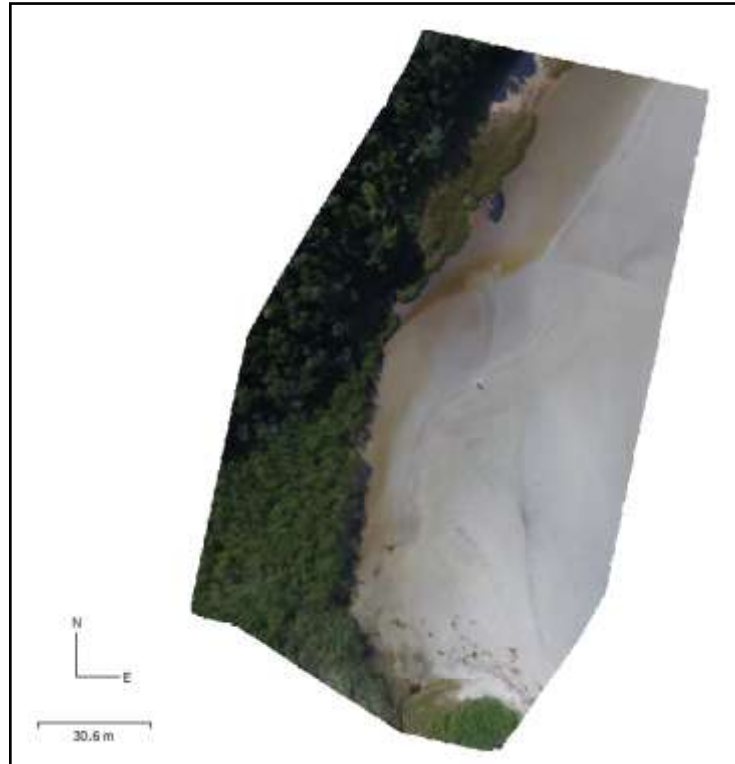


Figura 12 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 04/05/2018 (Saída 1).

No dia 15/06/2018 (saída 2) o canal principal do rio Itaguapé havia se movimentado a Norte da praia. A desembocadura do canal fez a curva sentido ao mar meandrando para Leste, deixando para trás o canal abandonado, que ainda possuía ligação com o canal principal. A erosão no Oeste da praia havia cessado e dado lugar a acreção sedimentar (figura 13 e 14), onde uma barra arenosa se forma. A maré baixa foi de 0,1 m às 10h24. O sobrevoo foi realizado às 09h25, próximo do horário de baixa mar. Os dados oceanográficos mostram que pelo menos duas fortes ondulações atingiram a costa nos dias que antecederam a coleta, chegando a alturas de até 2,7 m aproximadamente, com ventos de até 8 m/s de Sudeste. Na data do sobrevoo, as ondas chegaram a 2,5 m de altura, com direção Sul-Sudeste. Os ventos atingiram cerca de 4 m/s de intensidade de Sudeste, o que podia contribuir com o empilhamento das águas na desembocadura do rio. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 145,71 mm em 42 dias, uma média de 3,47 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 15) apresentou erro médio de 1,31 m, e uma resolução de 10,5 cm/pixel.



Figura 13 – Fotografia aérea vertical tirada em 15/06/18, evidenciando acreção sedimentar no Sudoeste da praia de Itaguapé.



Figura 14 – Fotografia de 15/06/18, evidenciando as escarpas deixadas pela erosão e iniciando acreção sedimentar no Sudoeste da praia (Foto: Buchmann).



Figura 15 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 15/06/2018 (Saída 2).

4.1.2. Inverno 2018

No dia 29/06/2018 (saída 3) o canal principal do rio Itaguapé não apresentou mudanças na sua posição. Observamos acreção no Oeste da praia de Itaguapé, com a vegetação suprimida pelo aporte sedimentar (figura 16). O canal abandonado estava a Oeste da praia, parcialmente assoreado. Havia a presença de canais secundários no Norte e Nordeste da praia. A maré baixa foi de 0,1 m às 09h47. O sobrevoo foi realizado às 09h35, próximo ao horário de baixa mar. Uma tempestade atingiu a costa a partir do dia 23/06/18 com ondas atingindo cerca de 2,5 m de altura de Sul-Sudeste e ventos de até 6 m/s de Nordeste, as ondas já haviam diminuído para 1,2 m de altura. Os ventos chegaram a 1,8 m/s de Nordeste. No dia da coleta não houve chuva, desde a última saída o acumulado foi de 80,15 mm em apenas 14 dias, uma média de 5,73 mm de chuva diária. A ortofotografia gerada (figura 17) apresentou erro médio de 1,90 m, e uma resolução de 10,7 cm/pixel.



Figura 16 – Fotografia de 29/06/18, evidenciando o processo de acreção sedimentar e supressão na vegetação presente no Oeste da praia de Itaguapé (Foto: Buchmann).



Figura 17 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 29/06/2018 (Saída 3).

No dia 17/07/2018 (saída 4) podemos observar que o canal principal do rio meandrou para o Norte da praia erodindo as escarpas do afloramento da paleopraia com cerca de 5 m de altura, afetando a vegetação presente (figura 18 e 19). O meandro abandonado havia reduzido de tamanho expressivamente. O canal secundário presente no Norte da praia foi tomado pelo canal principal. A acreção sedimentar no Oeste da praia se intensificou. A maré baixa foi 0,2 m às 12h19, enquanto a maré alta chegou a 1,1 m às 18h11. O sobrevoo foi realizado às 14h01. Os dados oceanográficos mostram que duas fortes ondulações atingiram a costa desde a última coleta, com ondas de 2,6 a 3 m de altura de Sudeste, e ventos que chegaram a ultrapassar 10 m/s de Sudoeste. No dia da coleta as ondas chegaram a menos de 1 m de altura de Sul-Sudeste e os ventos chegaram a 3 m/s de Nordeste. A precipitação obtida deste mês mostrou que desde a última saída houve um acumulado de 18,91 mm de chuva na região, uma média diária de 1,05 mm. A ortofotografia gerada (figura 20) apresentou erro médio de 1,60 m, e uma resolução de 12,9 cm/pixel.



Figura 18 – Fotografia aérea vertical tirada em 17/07/18, evidenciando erosão da paleopraia no Norte da praia de Itaguapé.



Figura 19 – Fotografia tirada em 17/07/18, evidenciando erosão da paleopraia no Norte da praia de Itaguaré.



Figura 20 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 17/07/2018 (Saída 4).

No dia 03/08/2018 (saída 5) não foi possível realizar o sobrevoo por conta da chuva no horário de coleta dos dados. A maré baixa neste dia foi de 0,4 m às 13h4, a altura da maré alta foi de 1 m às 05h19. As ondas não ultrapassaram 1,5 m desde a última coleta, de Sul. Os ventos atingiram 4 m/s de Leste, causando o empilhamento de água na desembocadura do rio. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 38 mm, uma média de 2,24 mm diários.

No dia 28/08/2018 (saída 6) o canal continuou erodindo o afloramento da paleopraia (figura 21). A porção final do canal apresentou sinuosidade, meandrando para Nordeste antes de chegar ao mar. O meandro abandonado do canal estava quase totalmente assoreado. A barra arenosa a Oeste havia aumentado em relação à saída anterior. Neste dia a altura da maré baixa foi de 0 m às 10h17. O sobrevoo foi realizado as 10h53, próximo do horário de baixa mar. A ondulação do Sul-Sudeste atingiu a costa cerca de três dias antes da coleta, chegando a 2,5 m de altura, no dia da coleta as ondas estavam com cerca de 2 m de altura. Os ventos chegaram à máxima de 8 m/s de Leste, causando o empilhamento de água na desembocadura do rio Itaguaré, principalmente nos horários de maré alta, que chegou a 1,4 m às 16h02. A precipitação teve um acumulado de 33,79 mm desde a última saída, 1,35 mm em média ao dia. A ortofotografia gerada (figura 22) apresentou erro médio de 1,15 m, e uma resolução de 15,4 cm/pixel.



Figura 21– Fotografia tirada em 28/08/18, evidenciando erosão na paleopraia. Notamos a presença de um barco virado pela ação das ondas que atingiram a praia, nas marés altas de sizígia (Foto: Buchmann).



Figura 22 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 28/08/2018 (Saída 6).

4.1.3. Primavera 2018

No dia 27/09/2018 (saída 7) o canal principal do rio Itaguapé manteve o meandramento aumentando ainda mais a erosão da paleopraia. O canal principal apresentou sinuosidade, movimentando para Nordeste antes de chegar ao Mar. O canal abandonado foi totalmente assoreado. A maré baixa foi de 0,1 m às 10h26, enquanto a maré alta foi de 1.5 m às 03h53. O sobrevoo foi realizado às 09h42, próximo do horário de baixa mar. Desde a última coleta fortes ondulações atingiram a praia com ondas chegando até 2,8 m de altura, de Sudeste, diminuindo de tamanho até o dia da coleta dos dados. Os ventos de até 10 m/s vindos predominantemente de Leste atingiram a praia por cerca de três dias, o que causa o empilhamento da água na desembocadura do rio, juntamente com as fortes ondulações que atingiram a costa e as marés de sizígia registradas naquela semana. Na data da coleta os ventos chegaram à intensidade máxima de 5 m/s de Norte. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 36,95 mm de chuva acumulada em 30 dias, uma média de apenas 1,23

mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 23) apresentou erro médio de 3,15 m, e uma resolução de 12,9 cm/pixel.

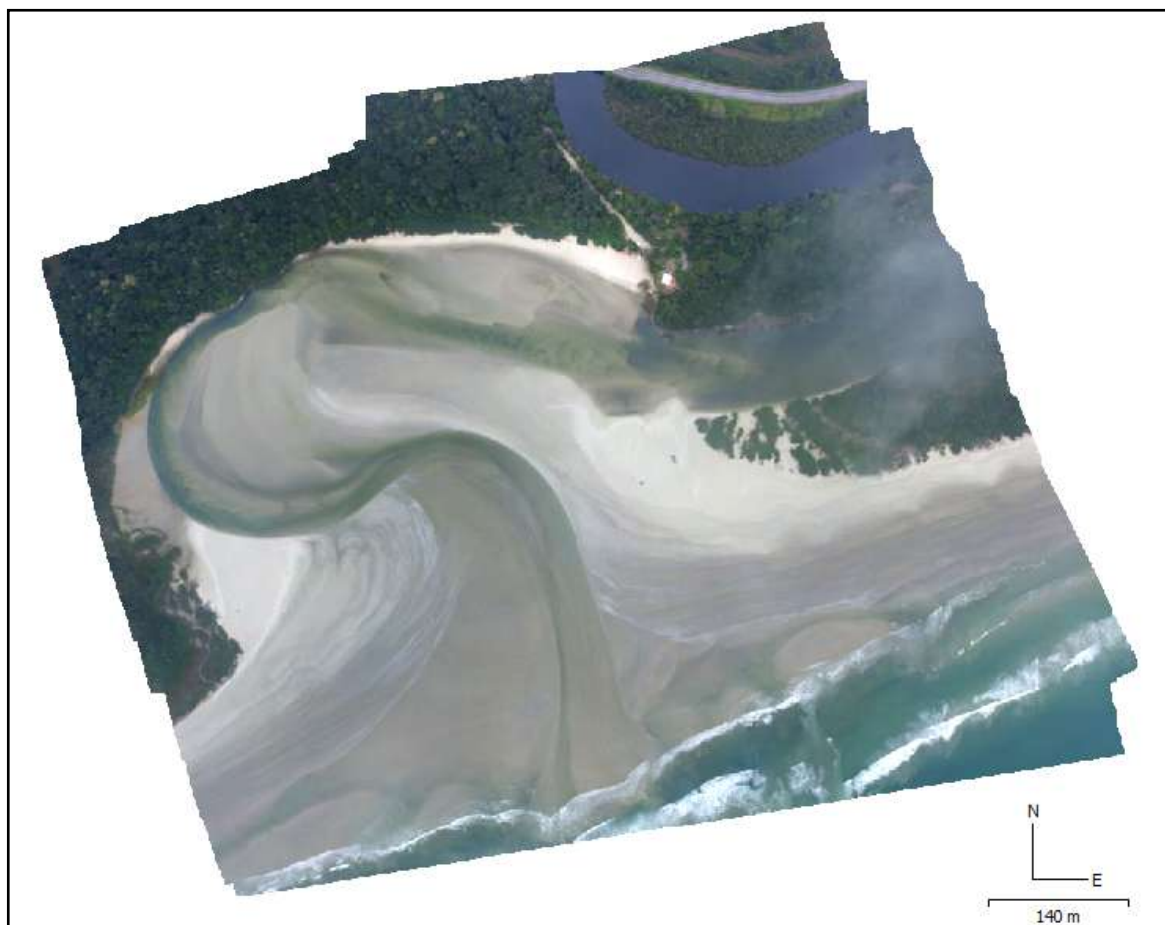


Figura 23 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 27/09/2018 (Saída 7).

No dia 20/10/2018 (saída 8) podemos observar a água empilhada na desembocadura, o que dificultou a descrição exata dos canais de baixa mar. O rio continuou seu processo meandrante a Norte causando mais erosão na paleopraia. O canal principal do rio havia encurtado seu caminho até o mar, diminuindo a barra arenosa no Leste da praia, e formando uma nova barra arenosa exposta na maré baixa. Pelas imagens obtidas conseguimos observar a presença da água salgada mais clara invadindo o rio, enquanto observamos a presença das águas mais escuras do rio Itaguapé represadas, formando um bolsão de água doce (figura 24). Neste dia a altura da maré baixa foi de 0,2 m às 06h04, e a maré alta foi de 1,3 m às 12h34. As imagens foram obtidas a partir das 10h21 quando o nível da maré estava subindo. Os dados de ondas e ventos mostram que desde última coleta uma tempestade atingiu a praia com

ondas de até 2 m de altura de Sudeste e ventos de mais de 10 m/s de Leste, que causa o empilhamento das águas na desembocadura do rio, principalmente nos picos de maré alta. No dia da coleta as ondas chegaram a 1,3 m de Sudeste e os ventos chegaram à intensidade máxima de 3 m/s de Nor-Nordeste. Os dias que antecederam esta saída ocorreram intensas chuvas na região, em apenas 23 dias desde a última coleta foi registrado um acumulado de 240,54 mm de chuva, uma média de 10,46 mm diários de precipitação. Com destaque ao dia 11/10/2018, que registrou uma precipitação acumulada de 63,88 mm em um único dia. A ortofotografia gerada (figura 25) apresentou erro médio de 1,73 m, e uma resolução de 13,8 cm/pixel. Por conta da alta incidência solar no dia da coleta e da falta de fotografias adequadas, o processamento gerou resultados distorcidos, não contemplando toda a área de estudo.



Figura 24 – Fotografia aérea oblíqua da desembocadura do rio tirada em 20/10/18. Nota-se as águas do mar, mais claras entrando no canal principal, e a água mais escura do rio represada na desembocadura.

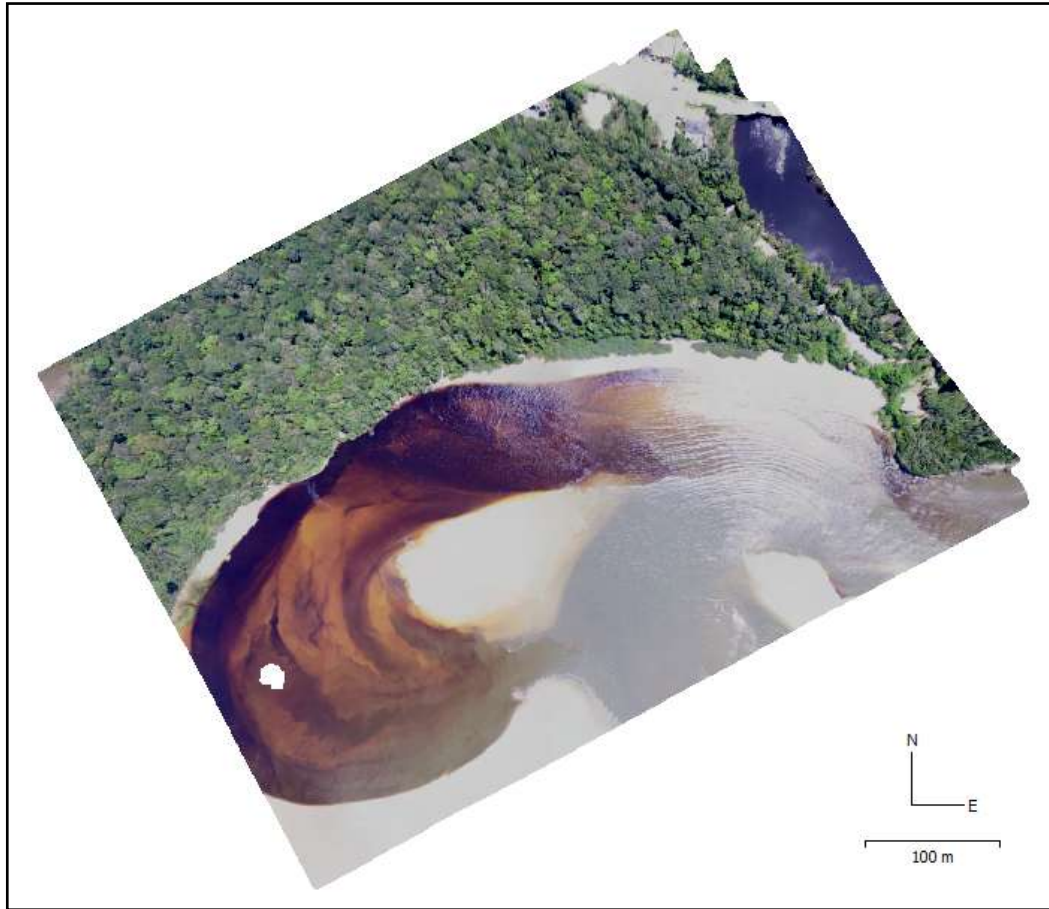


Figura 25 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 20/10/2018 (Saída 8).

No dia 31/10/2018 (saída 9) os canais ainda formavam uma barra arenosa no centro da desembocadura, mais expostas em relação à última saída, o canal secundário ao Norte apresentava uma pequena ligação ao canal principal. O nível registrado da maré alta foi de 1,2 m às 10h51 e a maré baixa foi de 0,7 m às 16h41. O sobrevoo foi realizado às 13h00, próximo do horário de maré alta, porém neste dia a maré de quadratura provocou pouca variação entre a alta e baixa mar. No dia 27/10/18 uma forte ondulação atingiu a praia, com ondas que chegaram a mais de 3 m de altura, de Sul-Sudeste, com Nordeste e após a tempestade se estabilizou de Nordeste. Durante o mês de outubro de 2018 os ventos sopraram de Leste e Nordeste, o que causa o empilhamento das águas na desembocadura do rio Itaguapé. Na data da coleta as ondas chegaram a 1,5 m de altura, de Sudeste e os ventos de ventos de até 9 m/s de Oeste, que virou para Nordeste com intensidades chegando a 4 m/s. A precipitação acumulada desde a última saída realizada foi de 75,47 mm, em média 6,86 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 26) apresentou erro médio de 1,19 m, e uma resolução de 17,5 cm/pixel.



Figura 26 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 31/10/2018 (Saída 9).

No dia 28/11/2018 (saída 10) a altura da maré baixa foi de 0,7 m às 13h09, enquanto a maré alta chegou a 1,1 m às 08h54. O sobrevoo foi realizado às 09h52, próximo do horário de maré alta. Cerca de dez dias antes das coletas, ondas de até 1,8 m de altura de Sul-Sudeste e ventos de até 9 m/s de Nordeste atingiram a desembocadura do rio Itaguapé. Na data da coleta as ondas atingiram cerca de 1,5 m de altura de Sul-Sudeste. Os ventos de Sudeste com intensidades de até 4 m/s, o que causava o empilhamento da água na desembocadura do rio. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 267,56 mm, em média 9,56 mm por dia de chuva acumulada. A ortofotografia gerada (figura 27) apresentou erro médio de 0,6 m, e uma resolução de 19,3 cm/pixel.



Figura 27 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 28/11/2018 (Saída 10).

No dia 06/12/2018 (saída 11) podemos notar uma maior quantidade de água empilhada no Norte da praia em relação a última saída, a ligação do canal principal com o canal ao Norte estava quase assoreada, a barra arenosa no centro da praia ainda estava separada por um raso canal. A altura da maré baixa foi de 0,4 m às 07h45, enquanto a maré alta chegou a 1,2 m às 14h06. O sobrevoo foi realizado às 11h48, próximo do horário de maré alta, nas imagens pode-se notar a presença das águas mais claras salgadas entrando no rio Itaguapé. As ondas atingiram cerca de 1,2 m de altura de Sul, desde a última coleta não houveram grandes ondulações chegando a costa. Os ventos de Noroeste com intensidades médias de 3,3 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 99,43 mm, uma média de 12,43 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 28) apresentou erro médio de 1,67 m, e uma resolução de 17,5 cm/pixel.

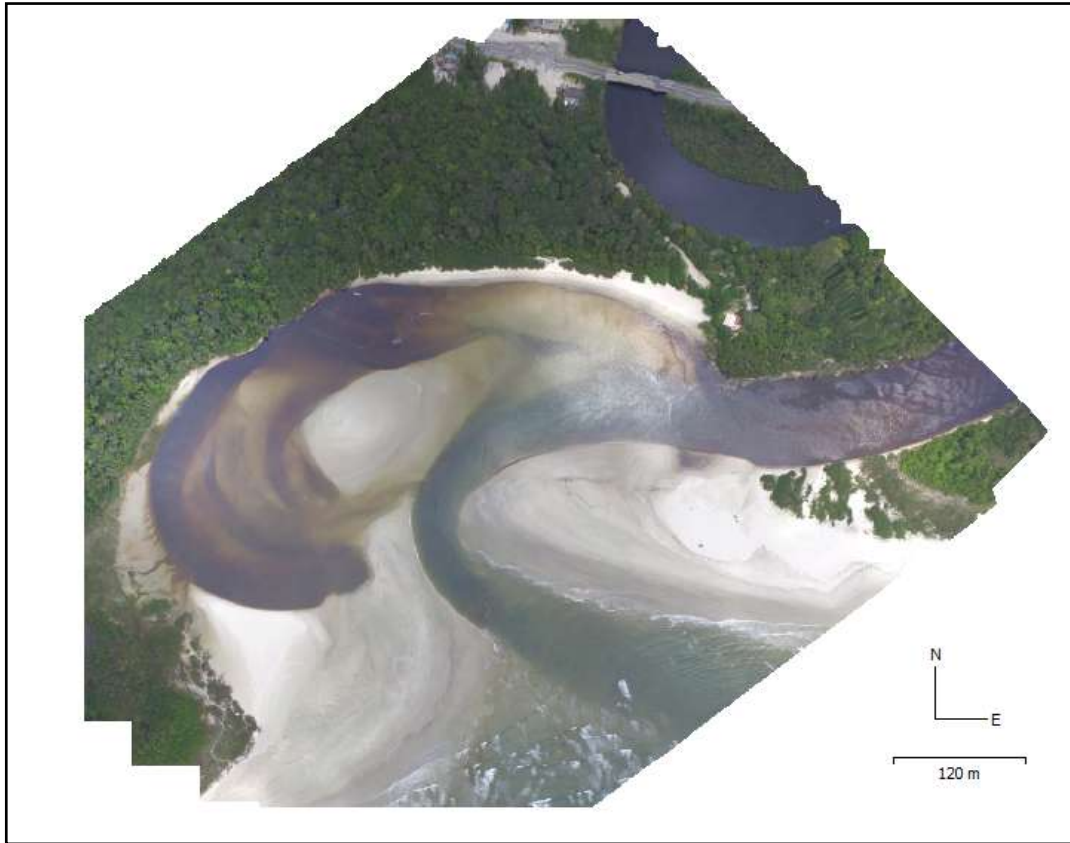


Figura 28 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 06/12/2018 (Saída 11).

4.1.4. Verão 2019

No dia 31/01/2019 (saída 12) observamos que o canal principal do rio havia migrado pouco a Oeste. A barra arenosa central da praia havia se ligado a barra à Oeste, fechando a conexão do canal secundário com o canal principal no Sudoeste da praia. A altura da maré baixa foi de 0,7 m às 05h34 e a maré alta 1 m às 13h17. O sobrevoo foi realizado às 08h59. Desde a última coleta apenas duas ondulações chegaram à costa, a primeira em 09/12/18, com ondas atingindo até 2,2 m de altura vindas de Sudeste e ventos de até 10 m/s de Nordeste. A segunda ondulação em 21/01/19, as ondas não passaram de 1,5 m de altura e os ventos até 2 m/s de Norte. Na data da coleta dos dados as ondas atingiram cerca de 0,5 m de altura de Sudeste. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 5 m/s. Os dados de precipitação mostram que houve uma pluviosidade acumulada de 358,86 mm nesses 56 dias desde a última coleta realizada, uma média de 6,41 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 29) apresentou erro médio de 0,5 m, e uma resolução de 20,9 cm/pixel.



Figura 29 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 31/01/2019 (Saída 12).

No dia 14/02/2019 (saída 13) observamos que o canal principal do rio Itaguapé havia migrado à Oeste, se ligando ao antigo canal ao Norte, formando uma nova barra arenosa exposta na maré baixa na região central da desembocadura. Duas ondulações ocorreram desde a última saída, no dia 04/02/19 e no dia 13/04/19 ondulações de até 1,8 m de altura de Sul-Sudeste, com ventos chegando a 8 m/s de Sudeste, que causa o empilhamento das águas na desembocadura do rio. Na figura 30 podemos observar um barco virado pela ação das ondas no dia anterior a coleta. Nota-se as águas escuras do rio Itaguapé empilhadas. A altura da maré baixa foi de 0,6 m às 04h41 e a maré alta 0,9 m às 12h23. O sobrevoo foi realizado às 11h36. Na data da coleta as ondas atingiram cerca de 1,5 m de altura de Sul-Sudeste. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 4 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 131,98 mm, em média 9,43 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 31) apresentou erro médio de 0,48 m, e uma resolução de 14 cm/pixel.



Figura 30 – Fotografia aérea oblíqua tirada em 14/02/19. Nota-se no canto direito na foto um barco virado pela ação das ondas no dia anterior a coleta.



Figura 31 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 14/02/2019 (Saída 13).

No dia 14/03/2019 (saída 14) a altura da maré baixa foi de 0,6 m às 15h02 e a maré alta 0,8 m às 07h11. O sobrevoo foi realizado às 09h57. Desde a última coleta ondulações de até 2 m de altura de Sudeste atingiram a praia. Na data da coleta as ondas atingiram menos de

1 m de altura de Sudeste. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 5 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 282,54 mm, uma média diária de 10,09 mm. A ortofotografia gerada (figura 32) apresentou erro médio de 0,52 m, e uma resolução de 22,2 cm/pixel.

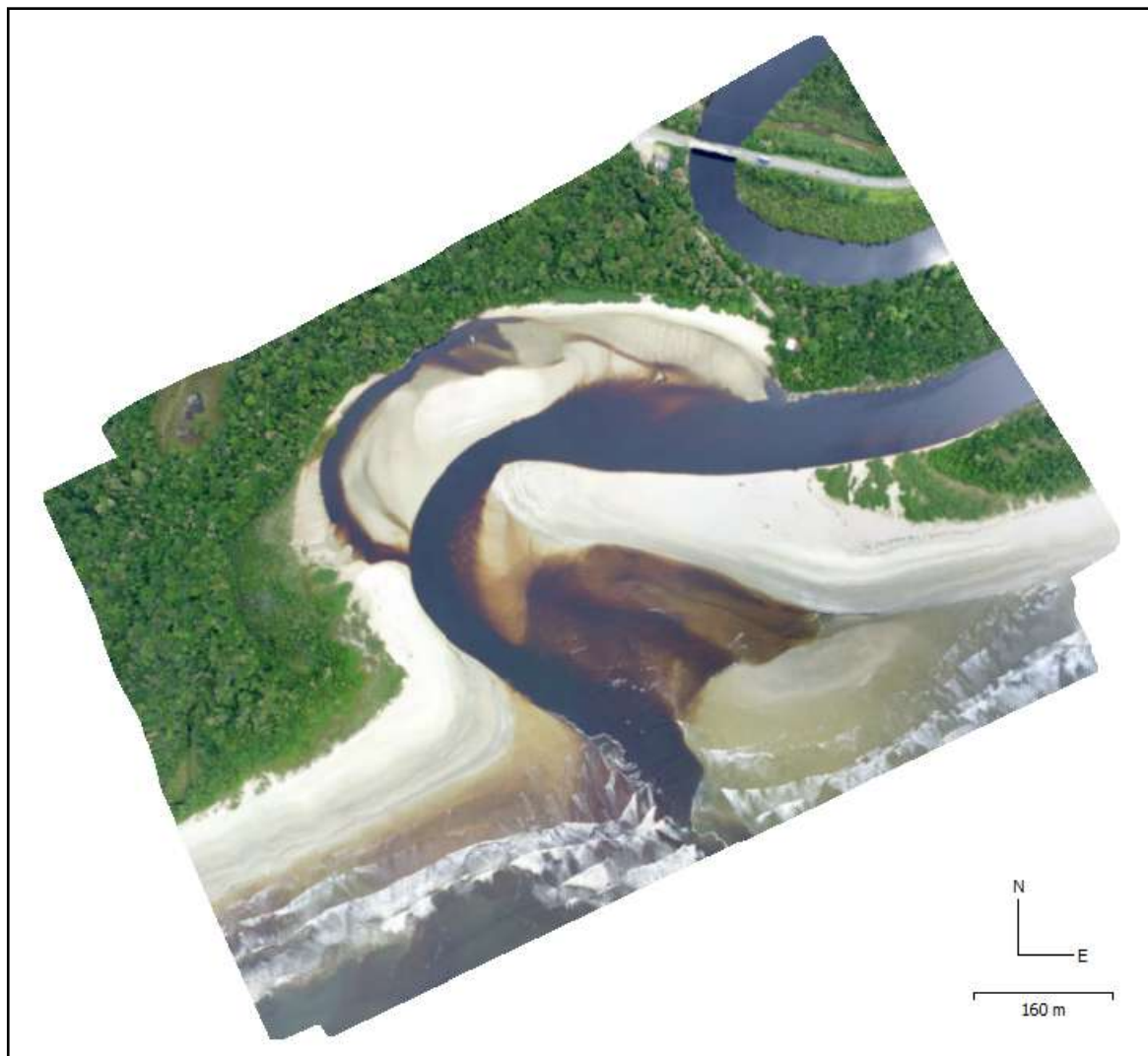


Figura 32 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 14/03/2019 (Saída 14).

4.1.5. Outono 2019

No dia 26/03/2019 (saída 15) a altura da maré baixa foi de 0,4 m às 12h45 e a maré alta 1 m às 04h32. O sobrevoo foi realizado às 08h36. Neste mês as ondas não passaram de 1,7 m de altura, enquanto na data da coleta, atingiram cerca de 0,7 m de altura de Sudeste. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 4,2 m/s. A precipitação acumulada desde a

última coleta foi de 142 mm, uma média diária de 11,83 mm. A ortofotografia gerada (figura 33) apresentou erro médio de 2,28 m, e uma resolução de 13,1 cm/pixel.



Figura 33 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 26/03/2019 (Saída 15).

No dia 15/04/2019 (saída 16) a altura da maré baixa foi de 0,4 m às 07h09 e a maré alta 1,2 m às 12h56. O sobrevoo foi realizado às 08h47. Neste mês uma ondulação de Sul-Sudeste atingiu a praia com ondas de até 2,3 m de altura. Na data da coleta as ondas atingiram cerca de 0,7 m de altura de Sudeste. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 4 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 249,05 mm, uma média de 12,54 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 34) apresentou erro médio de 7,10 m, e uma resolução de 13,3 cm/pixel.



Figura 34 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 15/04/2019 (Saída 16).

No dia 23/04/2019 (saída 17) a altura da maré baixa foi de 0,3 m às 11h47 e a maré alta 1,1 m às 03h56. O sobrevoo foi realizado às 08h40, próximo do horário de maré baixa. Desde a última saída não houve ondulações atingindo a praia, as ondas não passaram de 1,5 m de altura. Na data da coleta as ondas atingiram cerca de 0,9 m de altura de Sudeste. Os ventos de Oeste com intensidades médias de 4,2 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de somente 15,8 mm, em média 1,98 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 35) apresentou erro médio de 1,89 m, e uma resolução de 14.4 cm/pixel.



Figura 35 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 23/04/2019 (Saída 17).

No dia 02/05/2019 (saída 18) a altura da maré baixa foi de 0,3 m às 07h30 e a maré alta 1,4 m às 14h02. O sobrevoo foi realizado às 08h35. Desde a última saída não houve ondulações significativas atingindo a região, as ondas não passaram de 1,3 m de altura. Na data da coleta as ondas atingiram cerca de 0,6 m de altura de Sul-Sudeste. Os ventos de Norte com intensidades médias de 2 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 36,53 mm, uma média de 4,06 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 36) apresentou erro médio de 3,49 m, e uma resolução de 13,7 cm/pixel.



Figura 36 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 02/05/2019 (Saída 18).

No dia 28/05/2019 (saída 19) a altura da maré baixa foi de 0,6 m às 06h38 e a maré alta 1,1 m às 11h38. O sobrevoo foi realizado às 08h24, quando a maré estava começando a subir, nas imagens podem-se observar as águas salgadas mais claras invadindo os canais do rio. O rio havia encurtado a ligação até o mar, formando um novo canal a Leste da praia. Isto causou a formação de um novo banco de areia exposto na porção inferior da desembocadura. Nos dias 17/05/19 e 25/05/19 duas ondulações de até 2,2 m de altura de Sudeste, com ventos de até 12 m/s de Leste e depois até 11 m/s primeiramente de Noroeste virando para Oeste e depois Sudoeste. Na data da coleta as ondas atingiram cerca de 0,7 m de altura de Sul-Sudeste. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 6 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 198,52 mm, uma média diária de 7,64 mm. A ortofotografia gerada (figura 37) apresentou erro médio de 1,62 m, e uma resolução de 13,5 cm/pixel.



Figura 37 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 28/05/2019 (Saída 19).

No dia 11/06/2019 (saída 20) a altura da maré baixa foi de 0,6 m às 05h41 e a maré alta 1 m às 10h54. O sobrevoo foi realizado às 09h40, quando a maré estava subindo, pode-se notar a presença das águas salgadas mais claras entrando no rio Itaguapé. O canal a Leste da praia havia aumentado de largura em relação à última saída. Durante este mês as ondas não atingiram mais de 1,5 m de altura de Sudeste. Na data coleta as ondas atingiram cerca de 1 m de altura de Sudeste. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 5 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 83,59 mm, em média 5,97 mm por dia. A ortofotografia gerada (figura 38) apresentou erro médio de 0,92 m, e uma resolução de 13,5 cm/pixel.



Figura 38 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 11/06/2019 (Saída 20)

4.1.6. Inverno 2019

No dia 03/07/2019 (saída 21) a altura da maré baixa foi de 0,1 m às 09h36 e a maré alta 1,3 m às 02h53. O sobrevoo foi realizado às 09h30, próximo ao horário de maré baixa. Desde a última saída ondas de até 1,5 m de altura de Sul e ventos de até 8 m/s de Sudeste atingiram a praia. Na data da coleta as ondas atingiram cerca de 1,4 m de altura de Sul. Os ventos de Nordeste com intensidades médias de 4 m/s. A precipitação acumulada desde a última coleta foi de 10,97 mm, uma média de 0,5 mm diários. A ortofotografia gerada (figura 39) apresentou erro médio de 1,95 m, e uma resolução de 20,4 cm/pixel.



Figura 39 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 03/07/2019 (Saída 21).

No dia 16/07/2019 (saída 22) a altura da maré baixa foi de 0 m às 08h28 e a maré alta 1,4 m às 14h47. O sobrevoo foi realizado às 10h33, próximo ao horário de maré baixa. As ondas atingiram cerca de 1 m de altura de Sul. Os ventos de Sudoeste com intensidades chegando a 7 m/s. A precipitação mostra que não houve chuva desde a última saída realizada. A ortofotografia gerada (figura 40) apresentou erro médio de 6,92 m, e uma resolução de 13,1 cm/pixel.



Figura 40 – Ortomosaico gerado a partir de imagens obtidas no dia 16/07/2019 (Saída 22).

4.2. Análise granulométrica

A tabela 5 apresenta os valores de diâmetro médio e a tabela 6 os valores de desvio padrão para todas as campanhas realizadas nos perfis 1, 2, 3 (Início) e 3 (Fim), os valores estão representados em escala phi (Φ). Nas saídas 0, 8 e 11 não puderam ser coletadas amostras de sedimento. Valores maiores de diâmetro médio (Φ) indicam predominância de frações finas nas amostras, enquanto valores menores indicam grãos de maior tamanho. O desvio padrão mede o grau de seleção da amostra, valores altos indicam amostras pouco selecionadas e valores baixos indicam amostras melhor selecionadas. Na figura 41 podemos observar a relação dos valores de diâmetro médio e desvio padrão para todas as campanhas em cada um dos perfis analisados. As tabelas 7, 8, 9 e 10 apresentam os valores das frações granulométricas para os perfis 1, 2, 3 (Início) e 3 (Fim), respectivamente.

Tabela 5 – Valores de diâmetro médio (Φ) para todas as campanhas.

Saídas		1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
Diâmetro Médio (Φ)	Perfil 1	2,960	2,916	2,886	2,999	2,974	2,984	2,972	2,953	2,927	2,927
	Perfil 2	2,847	2,889	2,908	2,850	3,009	-	-	-	-	2,903
	Perfil 3 - Início	-	2,995	2,954	2,981	2,971	2,986	2,995	2,984	2,954	3,003
	Perfil 3 - Fim	-	-	2,972	2,937	2,905	3,015	2,930	2,940	2,877	2,923

Saídas		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Diâmetro Médio (Φ)	Perfil 1	2,963	2,976	2,924	2,913	2,900	2,915	2,886	2,871	2,908	2,938
	Perfil 2	-	2,938	2,951	2,894	2,821	2,862	2,757	2,808	2,779	2,686
	Perfil 3 - Início	2,937	2,935	2,954	2,872	2,907	3,000	2,986	2,949	2,987	3,015
	Perfil 3 - Fim	2,940	2,978	2,902	2,876	2,899	2,938	2,945	2,933	2,837	3,013

Tabela 6 – Valores de desvio padrão (Φ) para todas as campanhas.

Saídas		1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
Desvio Padrão (Φ)	Perfil 1	0,292	0,272	0,281	0,242	0,242	0,246	0,251	0,244	0,248	0,248
	Perfil 2	0,330	0,330	0,296	0,315	0,229	-	-	-	-	0,355
	Perfil 3 - Início	-	0,247	0,311	0,290	0,287	0,276	0,258	0,275	0,334	0,271
	Perfil 3 - Fim	-	-	0,255	0,280	0,274	0,217	0,270	0,239	0,285	0,272

Saídas		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Desvio Padrão (Φ)	Perfil 1	0,254	0,248	0,273	0,264	0,266	0,274	0,284	0,306	0,272	0,275
	Perfil 2	-	0,344	0,285	0,286	0,306	0,295	0,355	0,337	0,344	0,368
	Perfil 3 - Início	0,307	0,280	0,290	0,363	0,325	0,298	0,288	0,310	0,278	0,254
	Perfil 3 - Fim	0,247	0,244	0,281	0,300	0,289	0,255	0,296	0,367	0,416	0,240

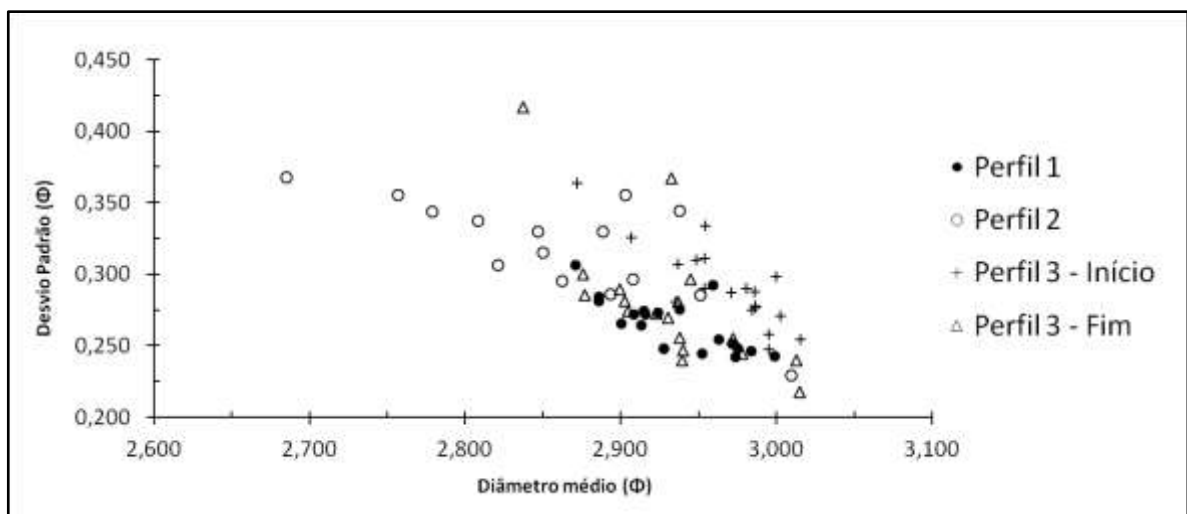


Figura 41 – Valores de desvio padrão em relação aos valores de diâmetro médio para todos os perfis. Os valores estão representados em phi (Φ).

No perfil 1 os valores de diâmetro médio indicam a predominância de areia fina, areia muito fina, e em menor proporção areia média. Tivemos a presença de lama somente nas saídas 1 e 4, com valores chegando a aproximadamente 2,18% e 0,06%, respectivamente. O grau de seleção indica amostras muito bem selecionadas, esse padrão se manteve em todas as saídas neste perfil.

No perfil 2 os valores de desvio padrão indicam amostras muito bem selecionadas na maioria das saídas, com predominância de areia fina em relação a areia muito fina, e em menor proporção areia média, chegando a aproximadamente 76,5%, 20% e 3,5%, respectivamente na saída 22. Somente houve a presença de lama nas saídas 12, 14 e 15, com 0,68%, 0,56% e 0,19%, respectivamente, esses valores podem ser explicados pelo início da temporada chuvosa na região, que aumenta a vazão do rio e o transporte sedimentar fluvial. Os valores menores de diâmetro médio neste perfil indicam a presença de grãos de maior tamanho em relação aos outros perfis. Nas saídas 6, 7, 9, 10 e 13 não puderam ser coletadas amostras para análise granulométrica no perfil 2, pois muitas vezes o local de coleta estava inacessível.

No perfil 3 (Início) os valores de desvio padrão indicam amostras muito bem selecionadas para a maioria das campanhas. Os valores de diâmetro médio indicam que neste perfil foram encontrados grãos de menor tamanho em relação aos outros perfis. Em todas as coletadas realizadas neste ponto podemos observar a presença de lama nas amostras, com a maior taxa encontrada na saída 5 e a menor na saída 12, com 1,84% e 0,14%, respectivamente. As frações granulométricas indicam maior porcentagem de areia muito fina em relação a areia fina na maioria das coletas.

No perfil 3 (Fim) os valores de desvio padrão indicam amostras muito bem selecionadas em todas as campanhas, exceto nas saídas 20 e 21, que apresentaram os maiores valores de desvio padrão, indicando um menor grau de seleção nestas coletas. Os valores de diâmetro médio mostram que nestas saídas as amostras foram caracterizadas como areia fina e nas saídas 6 e 22 como areia muito fina. Em nenhuma das campanhas neste ponto tivemos a presença de lama.

Tabela 7 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 1.

Perfil 1 / Saídas	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
Areia Média	0,82%	0,28%	0,48%	0,08%	0,12%	0,11%	0,12%	0,13%	0,15%	0,15%
Areia Fina	51,07%	57,17%	60,94%	44,67%	51,13%	48,85%	49,94%	52,93%	57,66%	57,66%
Areia Muito Fina	48,11%	42,55%	38,57%	55,24%	48,75%	51,04%	49,95%	46,94%	42,19%	42,19%
Lama	2,18%	0%	0%	0,06%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Perfil 1 / Saídas	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Areia Média	0,16%	0,21%	0,35%	0,24%	0,34%	0,26%	0,49%	0,72%	0,25%	0,30%
Areia Fina	50,15%	48,67%	54,71%	58,28%	61,08%	56,48%	60,70%	60,23%	57,16%	52,96%
Areia Muito Fina	49,69%	51,12%	44,94%	41,49%	38,59%	43,26%	38,82%	39,05%	42,59%	46,74%
Lama	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabela 8 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 2.

Perfil 2 / Saídas	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
Areia Média	1,46%	1,48%	0,93%	1,71%	0,33%	-	-	-	-	1,77%
Areia Fina	59,84%	54,93%	54,49%	62,80%	41,16%	-	-	-	-	50,20%
Areia Muito Fina	38,70%	43,59%	44,58%	35,49%	58,51%	-	-	-	-	48,03%
Lama	0%	0%	0%	0%	0%	-	-	-	-	0,68%

Perfil 2 / Saídas	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Areia Média	-	1,77%	0,76%	0,83%	0,97%	0,67%	2,16%	1,59%	1,78%	3,48%
Areia Fina	-	46,66%	49,46%	58,77%	69,36%	63,70%	71,75%	66,62%	70,12%	76,51%
Areia Muito Fina	-	51,57%	49,78%	40,39%	29,67%	35,63%	26,09%	31,79%	28,10%	20,01%
Lama	-	0,56%	0,19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabela 9 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 3 (Início).

Perfil 3 (Início) / Saídas	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
Areia Média	-	0,36%	0,94%	0,79%	0,43%	0,78%	0,58%	0,66%	2,66%	0,71%
Areia Fina	-	44,94%	45,81%	45,02%	45,97%	45,41%	44,04%	46,00%	43,47%	40,52%
Areia Muito Fina	-	54,71%	53,25%	54,18%	53,59%	53,80%	55,38%	53,34%	53,87%	58,77%
Lama	-	0,35%	1,20%	1,24%	1,84%	0,36%	0,82%	0,57%	0,22%	0,14%

Perfil 3 (Início) / Saídas	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Areia Média	1,29%	0,58%	0,70%	1,44%	1,30%	0,76%	0,67%	1,25%	0,68%	0,28%
Areia Fina	48,56%	52,42%	48,76%	55,76%	53,68%	41,43%	45,96%	48,37%	44,85%	37,20%
Areia Muito Fina	50,15%	46,99%	50,54%	42,80%	45,02%	57,81%	53,37%	50,38%	54,47%	62,51%
Lama	0,46%	0,38%	0,23%	0,32%	0,43%	0,80%	0,71%	0,73%	0,77%	0,66%

Tabela 10 – Porcentagem das frações encontradas no perfil 3 (Fim).

PERFIL 3 (Fim) / Saídas	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
Areia Média	-	-	0,33%	0,40%	0,36%	0,12%	0,36%	0,09%	0,41%	0,43%
Areia Fina	-	-	48,98%	52,76%	59,11%	41,14%	53,89%	55,02%	62,67%	55,57%
Areia Muito Fina	-	-	50,69%	46,84%	40,54%	58,74%	45,75%	44,89%	36,92%	44,00%
Lama	-	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

PERFIL 3 (Fim) / Saídas	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Areia Média	0,14%	0,34%	0,51%	0,73%	0,48%	0,10%	0,70%	3,65%	2,62%	0,11%
Areia Fina	54,68%	48,62%	57,31%	60,30%	57,05%	55,59%	49,91%	42,33%	50,35%	39,61%
Areia Muito Fina	45,18%	51,05%	42,18%	38,96%	42,47%	44,31%	49,39%	54,02%	47,03%	60,28%
Lama	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

4.3. Salinidade

Os valores obtidos para salinidade nos três perfis estão apresentados na figura 42. Os perfis sugerem um padrão, onde o perfil 1 apresentou valores menores, o perfil 2 valores intermediários e o perfil 3 apresentou os maiores valores de salinidade observados. Nas saídas 1, 2 e 8 não foram coletadas amostras de água para análise de salinidade em nenhum dos três perfis.

No perfil 1 os valores de salinidade máxima chegaram a 21 e a mínima 0, neste ponto os valores de salinidade foram menores em relação aos outros perfis, pois o local de coleta é propenso ao acúmulo de água, principalmente vindas do rio Itaguapé, apresentando assim valores baixos na maioria das campanhas, porém em situações de marés altas de sizígia pode haver o acúmulo de água do mar, o que explica os valores elevados de salinidade em outras saídas, como na 3 e 22. No perfil 2 não foram coletados dados para análise de salinidade nas saídas 6, 7, 10, 11 e 13, pois o ponto de coleta estava muitas vezes inacessível. A partir da saída 18 até a 22 o ponto de coleta do perfil 2 estava seco e não foi possível obter amostras. As salinidades máximas foram de 33 e 31 nas saídas 3 e 9, respectivamente, e a mínima 0, nas saídas 4 e 14. No perfil 3 podemos observar os maiores valores de salinidade registrados em relação aos outros perfis, chegando à máxima de 35 nas saídas 3, 19 e 21 e mínima de 0 nas saídas 4 e 13.

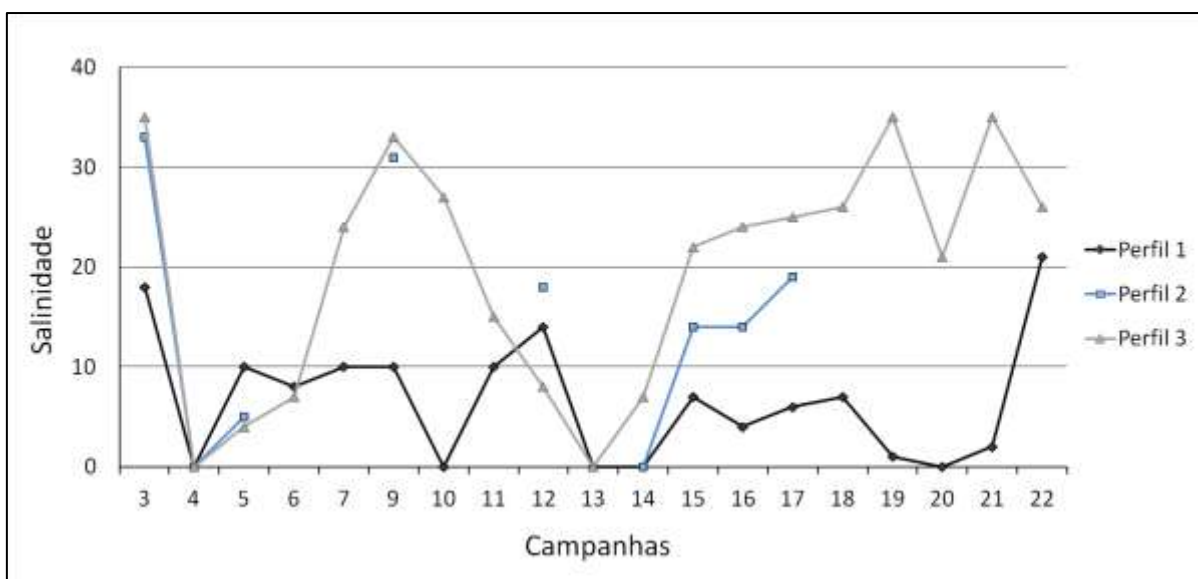


Figura 42 – Valores de salinidade para os perfis 1, 2 e 3 em todas as saídas coletadas.

4.4. Invertebrados da Infauna

4.4.1. Identificação dos organismos

A partir das primeiras coletas realizadas na desembocadura do rio Itaguapé, identificamos seis espécies de organismos da infauna nos três perfis analisados: os poliquetas *Scolelepis squamata* e *Diopatra cuprea*; o molusco *Tagelus plebeius* e os crustáceos *Leptuca* spp., *Callichirus major* e *Kalliapseudes schubartii*.

Os poliquetas da família *Spionidae* (figura 43) não puderam ser identificados com precisão devido a sua fragilidade, provavelmente sejam indivíduos da espécie *Scolelepis squamata* devido à abundância desta espécie em Bertioga. Na Baixada Santista são encontradas cerca de 214 espécies de poliquetas, sendo a família *Spionidae* uma das que possui maior número de representantes. Esta família é comumente encontrada em praias arenosas e são abundantes no entremarés, algumas espécies podem ser sensíveis e outras tolerantes às alterações ambientais, por isso podem ser consideradas bioindicadores de impactos ambientais. Estes animais se alimentam de partículas acima da interface água-areia e vivem em tubos construídos a partir de areia e muco. Estudos sugerem que estes organismos sejam restritos a sedimentos com alta permeabilidade, devido a sua estratégia alimentar, porém Souza & Borzone (2000) demonstraram a relação da ocorrência desta espécie com o tamanho dos grãos e a morfodinâmica praial, as maiores ocorrências se deram em praias dissipativas, com areia fina a muito fina (AMARAL, 1979; DAUER, 1983; CORBISIER, 1991; SHIMABUKURO, 2011; AMARAL, 2013).



Figura 43 – **A)** Galeria em superfície do poliqueta *Scolelepis squamata*. **B)** Galeria do poliqueta, vista lateral (Fotos A e B: Buchmann). **C)** Poliqueta da família *Spionidae* em lupa. **D)** Detalhes do poliqueta em lupa (Fotos C e D: Irizawa, 2018).

O poliqueta *Diopatra cúprea* é um organismo comum nas regiões de entremarés de praias arenosas, constrói suas galerias a partir da associação de muco e areia. A parte externa de sua galeria é ornamentada com algas, detritos vegetais e outros materiais que o animal encontra próximo a sua toca, formando um mecanismo externo para a captura de alimentos em suspensão (figura 44). Suas galerias podem chegar a 60 cm de profundidade no sedimento arenoso e possuem forma de um gancho invertido. A distribuição desta espécie pode estar relacionada com o fluxo de água presente, maiores correntes podem gerar maior efetividade em seu mecanismo de captura de alimento. Estudos mostram que este animal constrói galerias perpendiculares ao fluxo de água e possuem adaptações para uma vida sésil no sedimento inconsolidado, são resistentes as variações na granulometria e salinidade, pois possuem ampla distribuição geográfica (MAGNUM, 1968; MYERS, 1972; FACHAULD, 1977).

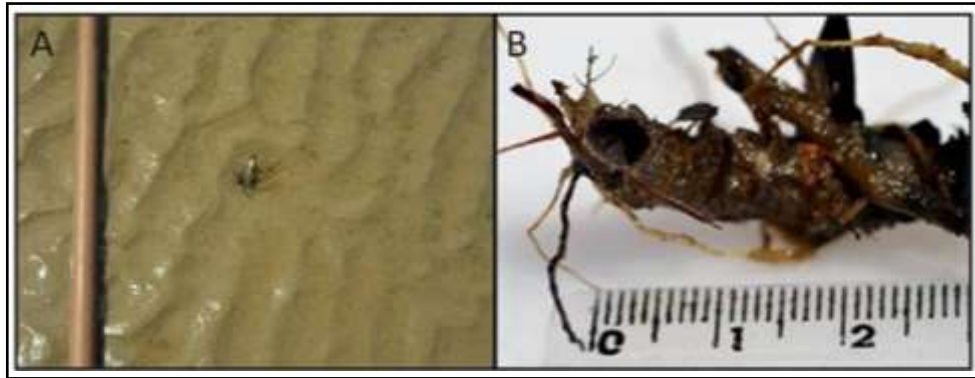


Figura 44 – A) Ornamentação externa da galeria de *Diopatra cuprea*. B) Detalhe da ornamentação da galeria com escala em cm (Fotos: Buchmann).

O molusco bivalve *Tagelus plebeius* (figura 45) pode ocorrer em praias arenosas e em estuários, com isso estão expostos a grandes variações na salinidade, temperatura, correntes e substrato, assim como variações na disponibilidade e qualidade dos alimentos encontrados, esses são os principais parâmetros que controlam sua distribuição no ambiente. A espécie se alimenta de partículas em suspensão, fazem galerias em formato de Y, tubulares e permanentes que se estendem em profundidades com mais de 90 cm, se locomovem verticalmente enquanto sua mobilidade lateral no sedimento é praticamente nula. A composição do sedimento é importante na distribuição destes indivíduos, estudos demonstram que pequenas quantidades de silte e argila são essenciais para a sobrevivência da espécie, pois aumenta a estabilidade das galerias (NEWELL & HIDU 1982; HOLLAND & DEAN 1977a, b; HONKOOP & BEUKEMA, 1997; FUIMAN *et al.*, 1999; BEUKEMA *et al.*, 2002; ARRUDA *et al.*, 2003; CARMICHAEL *et al.*, 2004; CARDOSO *et al.*, 2007; ABRAHÃO *et al.*, 2010).



Figura 45 – A) Morfologia externa da galeria de *Tagelus plebeius*. B) Galeria interna. C) Foto com escala (Fotos: Buchmann).

O caranguejo *Leptuca* spp. (figura 46) ocorre no entremarés de praias tropicais e, pode habitar tanto sedimentos lamosos como sedimentos arenosos, constroem galerias no sedimento que variam de 10 a 40 cm de profundidade com forma de "L" ou de "J", geralmente terminadas em uma câmara de refúgio e armazenamento de alimentos. Rodriguez-Tovar *et al.* (2014) demonstra que a distribuição e densidade de galerias de *Leptuca* spp. pode ser controlada por diversos fatores como: cobertura vegetal, firmeza do substrato e a profundidade que a água penetra no substrato (CRANE, 1975; LIM, 2006; KRISTENSEN, 2008; QURESHI & SAHER, 2012).

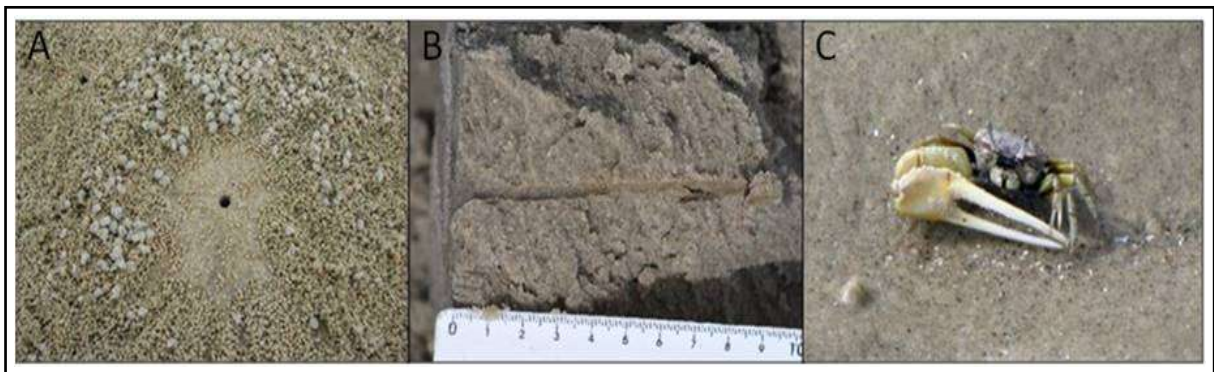


Figura 46 – A) Morfologia em superfície da galeria de *Leptuca* spp. B) Vista lateral da galeria. C) Foto de um indivíduo macho da espécie (Fotos: Buchmann).

O crustáceo *Callichirus major* (figura 47) ocorre em todo o Brasil, geralmente em praias arenosas dissipativas, onde constroem galerias verticais, de cerca de 20 a 40 cm de profundidade, com ramificações laterais utilizando sedimento e muco. A distribuição das galerias no entremarés aparentemente se mostra aleatória, sendo associada ao recrutamento larval aleatório no sedimento homogêneo. Sua galeria serve para coletar alimento, reprodução e abrigo. A bioturbação gerada pela construção e manutenção dessas galerias é de grande importância ecológica, causa a liberação de nutrientes dissolvidos na coluna da água e cria condições favoráveis ao estabelecimento de diversas espécies animais (FRANKENBERG & SMITH, 1967; MELO, 1999; RODRIGUES, 1983, 1997; SOUZA & BORZONE, 1996).



Figura 47 – A) Morfologia em superfície da galeria de *Callichirus major*. B) Foto da espécie com escala (Fotos: Buchmann).

O crustáceo *Kalliapseudes schubartii* (figura 48) vive nos estuários do Sudeste e Sul do Brasil. Esse animal constrói galerias em forma de “U”, com cerca de 15 cm de profundidade na areia, pode habitar fendas em rochas. Alimentam-se de detritos e partículas em suspensão, são considerados pressas para outros organismos maiores. Sua distribuição pode depender de fatores como tamanho médio dos grãos do sedimento e a abundância de matéria orgânica. Estudos demonstram que em sedimentos constituídos por areia com pouca lama estes organismos ficam restritos a galerias próximas a superfície onde estão mais sujeitos a serem predados (MAÑÉ-GARZÓN, 1949; HOLDICH & JONES, 1993; BEMVENUTI, 1997; ROSA-FILHO & BEMVENUTI, 1998; NUCCI *et al.*, 2001; LEITE *et al.*, 2003; FONSECA & D’INCAO, 2006).

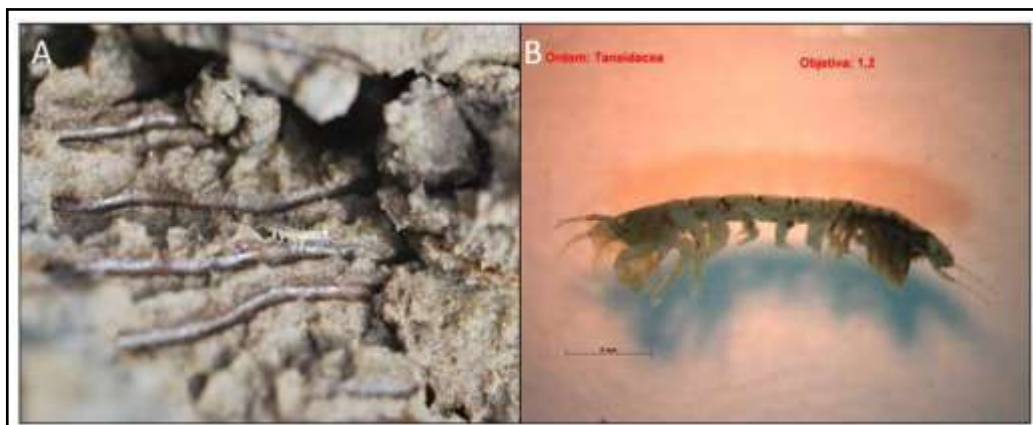


Figura 48 – A) *Kalliapseudes schubartii* (Foto: Buchmann). B) Foto do animal com escala (Foto: Angeloni).

4.4.2. Densidade de galerias

No perfil 1 pudemos observar grande ocorrência de galerias dos poliquetas da família *Spionidae* nas saídas 1 e 2 (maio e junho de 2018), atingindo em média 700 galerias/m² (figura 49). Ao longo das campanhas o número de galerias decaiu atingindo a mínima média de 22 galerias/m² na saída 7 (27/09/18). Estes valores oscilaram e subiram novamente atingindo altos valores nas saídas 16 e 17, cerca de 700 galerias/m².

Em relação aos crustáceos do gênero *Leptuca* spp. (figura 50), não houve a presença de galerias destes indivíduos nas campanhas de 1 a 6 (maio a agosto de 2018) no perfil 1, porém foi possível observar a ocorrência de galerias da espécie próximas ao perfil. Estes indivíduos apareceram dentro do perfil 1 a partir da saída 7 até a 12 (setembro de 2018 a janeiro de 2019), não havendo mais ocorrência até a saída 18 (02/05/19) e voltando a aparecer novamente nas saídas 19 a 22 (maio a setembro de 2019). O valor da média máxima de galerias foi de 1,3 galerias/m² na saída 12 (31/01/2019).

O crustáceo da espécie *Callichirus major* teve apenas uma ocorrência na saída 9 (31/10/18), com média de 0,1 indivíduos/m². As espécies *Diopatra cuprea* e *Tagelus plebeius*, não foram observadas em nenhuma campanha realizada no perfil 1. A espécie *Kalliapseudes schubartii* foi encontrada nas duas primeiras campanhas realizadas no perfil 1 (saída 2 e 3).

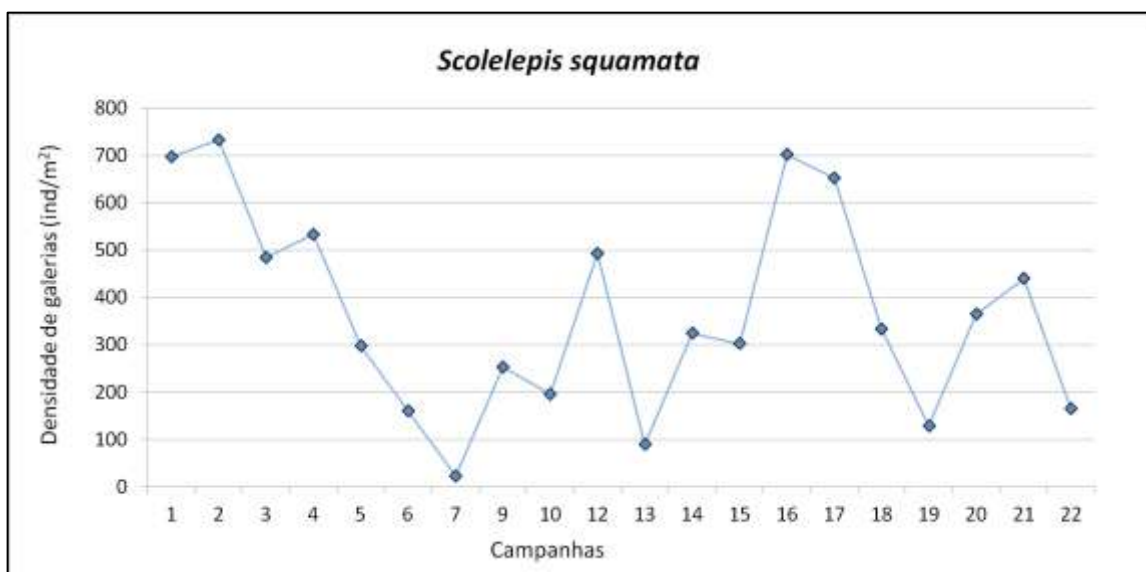


Figura 49 – Densidade média de galerias da espécie *Scolelepis squamata* no perfil 1.

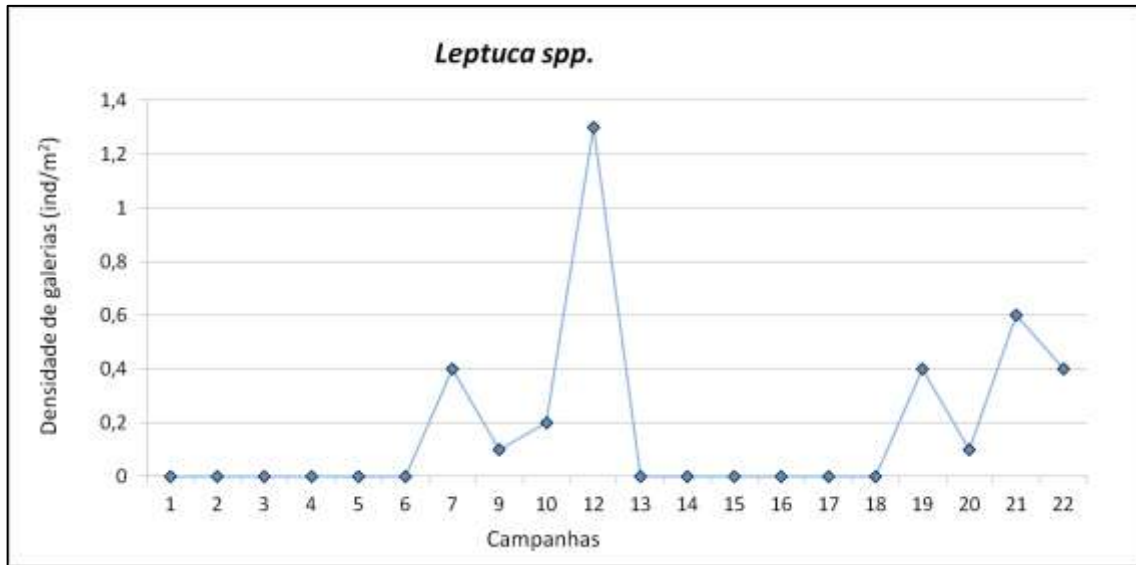


Figura 50 – Densidade média de galerias do gênero *Leptuca* spp. no perfil 1.

No perfil 2 não foi possível coletar dados sobre a densidade das galerias nas campanhas 6, 8, 9, 10, 11 e 13 pois o perfil se encontrava alagado ou inacessível. Os poliquetas da família *Spionidae* ocorreram em apenas duas das campanhas realizadas (figura 51), com médias oscilando entre 26,5 galerias/m² na saída 3 (29/06/18) e 319,6 galerias/m² na saída 12 (31/01/19).

Os crustáceos do gênero *Leptuca* spp. apresentaram uma média de 2,4 galerias/m² na primeira saída em 04/05/2018, diminuindo sua ocorrência até a saída 3 (29/06/18) e só voltando a reaparecer no perfil 2 nas saídas 17 a 20 (abril a junho de 2019) (figura 52).

O bivalve *Tagelus plebeius* apresentou uma média de 2,1 galerias/m² na saída 1 (04/05/18), diminuindo sua ocorrência e desaparecendo em agosto de 2018 (saída 5), ocorrendo novamente uma única vez na saída 12 (31/01/19) com uma média de 0,2 galerias/m² (figura 53).

A presença da espécie do poliqueta *Diopatra cuprea* no perfil 2 só ocorreu nas campanhas 1, 2 e 3 (início de maio a final de julho de 2018), apresentando valores médios de 0,2 galerias/m² nas três saídas, não ocorrendo novamente até o final do estudo (figura 54).

A espécie *Callichirus major* teve ocorrência de até 0,33 galerias/m² entre os meses de maio a junho de 2018, só ocorrendo novamente no mês de julho de 2019 (figura 55). Na saída 12 (31/01/19) e 22 (16/07/19) foi observado alta incidência de organismos mortos no perfil 2.

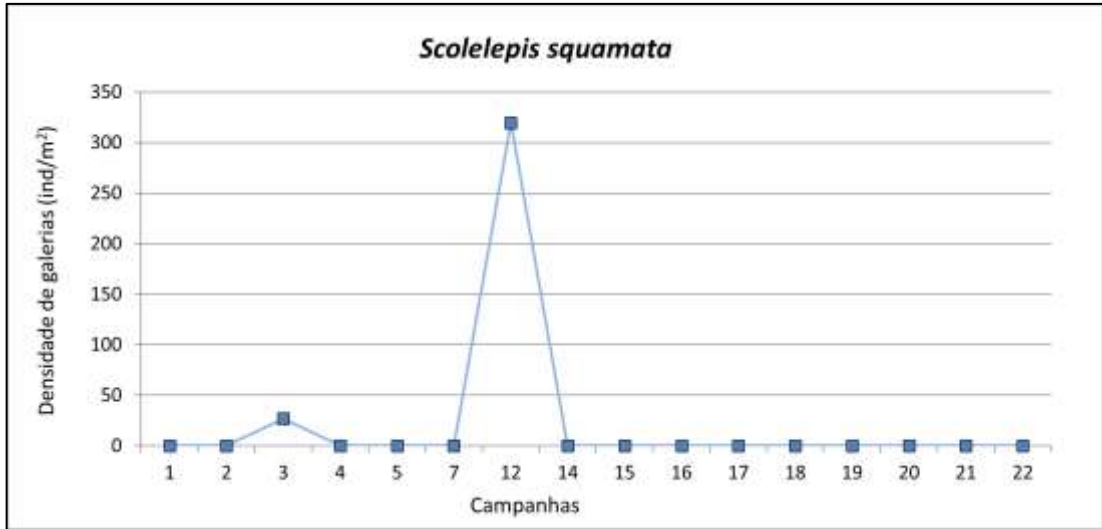


Figura 51 – Densidade média de galerias da espécie *Scolelepis squamata* no perfil 2.

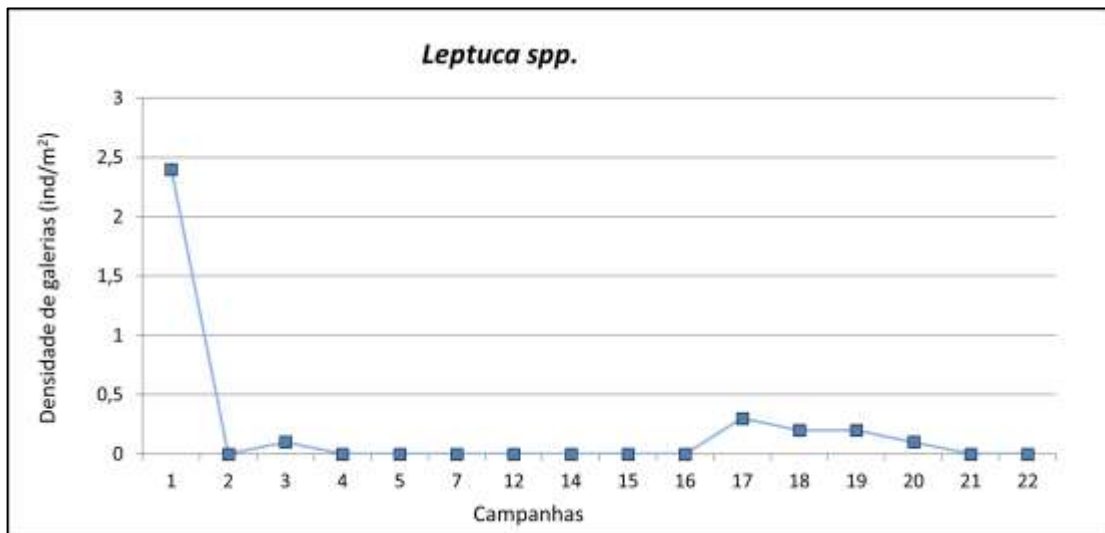


Figura 52 – Densidade média de galerias do gênero *Leptuca* spp. no perfil 2.

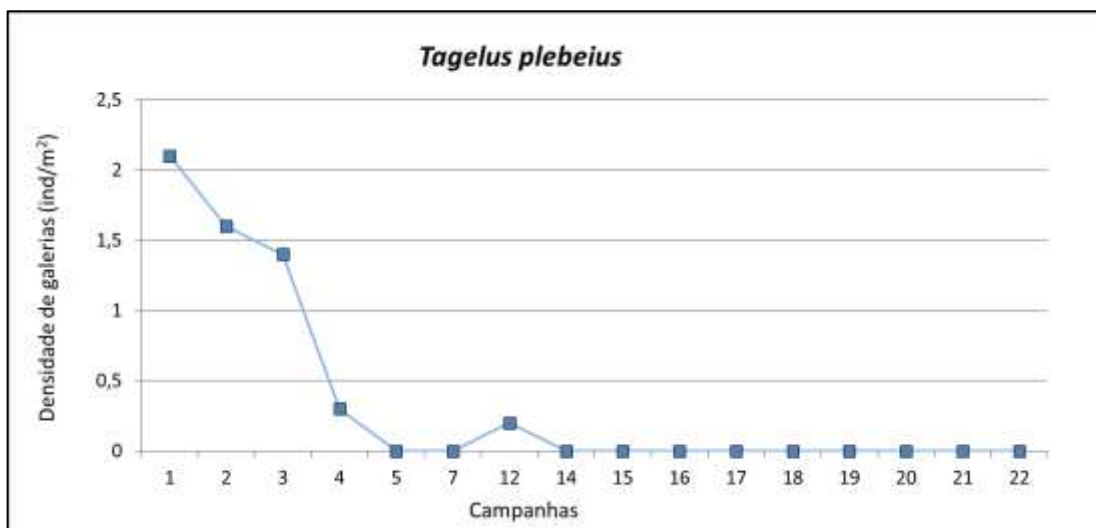


Figura 53 – Densidade média de galerias da espécie *Tagelus plebeius* no perfil 2.

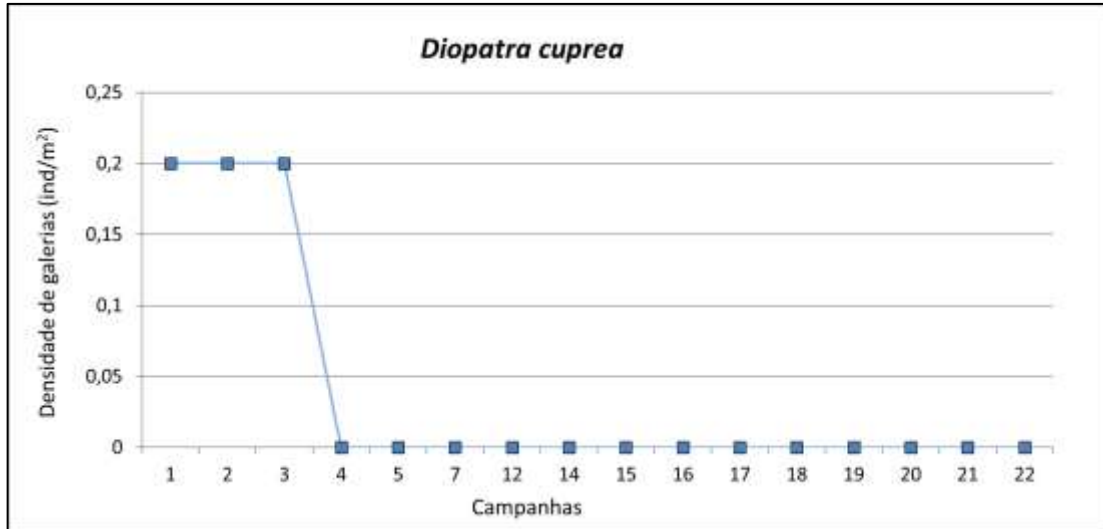


Figura 54 – Densidade média de galerias da espécie *Diopatra cuprea* no perfil 2.

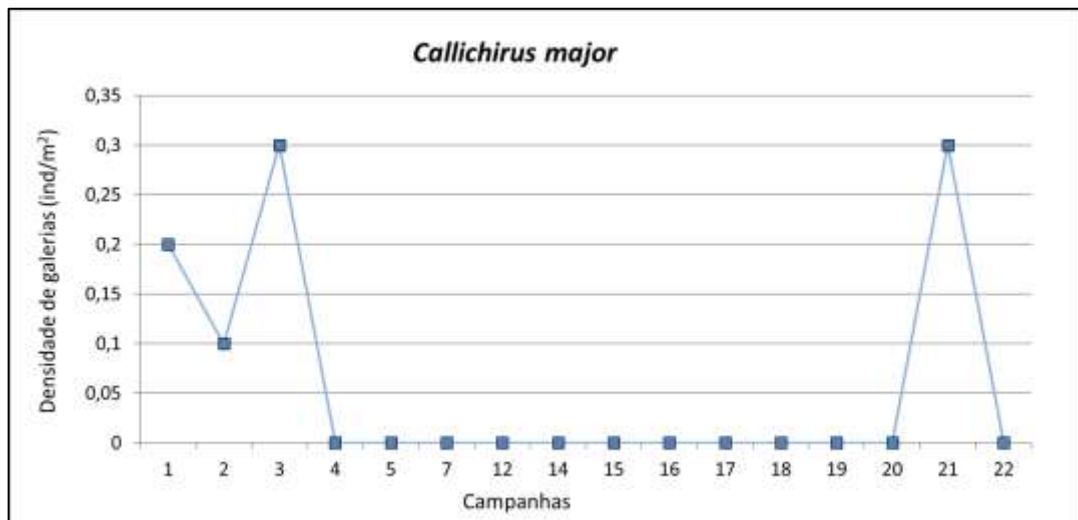


Figura 55 – Densidade média de galerias da espécie *Callichirus major* no perfil 2.

No perfil 3 a densidade máxima de galerias encontradas para os poliquetas da família *Spionidae* foi de 377,5 galerias/m² em média na saída 15 (26/03/19) (figura 56). A menor média encontrada para a espécie foi de 35,5 galerias/m². Os crustáceos do gênero *Leptuca* spp. atingiram médias máximas de 26,1 e 31,4 galerias/m² nas saídas 7 (27/09/18) e 12 (31/01/19), respectivamente (figura 57). O menor valor de densidade média encontrada para estes organismos foi de 1,7 galerias/m² na saída 14 (14/03/19).

O molusco bivalve *Tagelus plebeius* ocorreu no perfil 3 nas saídas 2, 3 e 5, com valores médios de 0,9, 0,1 e 1,5 galerias/m², respectivamente. Não houveram mais ocorrências de galerias destes organismos dentro do perfil analisado até o final das campanhas

(figura 58). As espécies *Callichirus major* e *Diopatra cuprea* não apresentaram nenhuma ocorrência nas réplicas analisadas do perfil 3. A espécie *Kalliapseudes schubartii* foi encontrada nas duas primeiras campanhas realizadas no perfil 3 (saída 2 e 3).

No perfil 3 pudemos notar uma mudança no sedimento ao longo das réplicas analisadas, onde os primeiros metros apresentavam maior quantidade de sedimento arenolamoso que mudava para um sedimento mais arenoso nos metros finais do perfil, afetando a distribuição dos organismos. No início do perfil 3 observamos maior ocorrência dos poliquetas da família *Spionidae* (figura 59), enquanto que nos metros finais do perfil maiores valores de galerias dos crustáceos do gênero *Leptuca* spp. (figura 60). As figuras 59 e 60 apresentam as médias obtidas para cada metro quadrado analisado em todas as campanhas do perfil 3, para estas duas espécies.

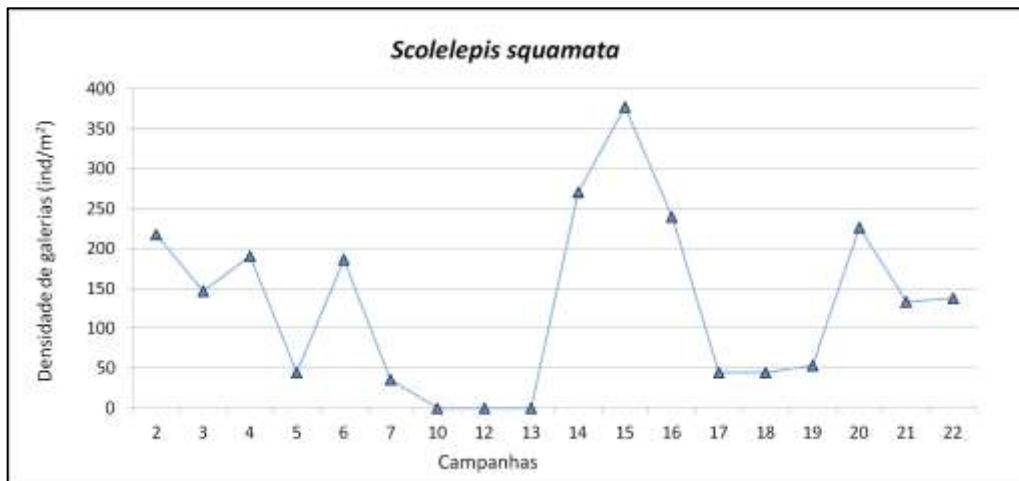


Figura 56 – Densidade média de galerias da espécie *Scolelepis Squamata* no perfil 3.

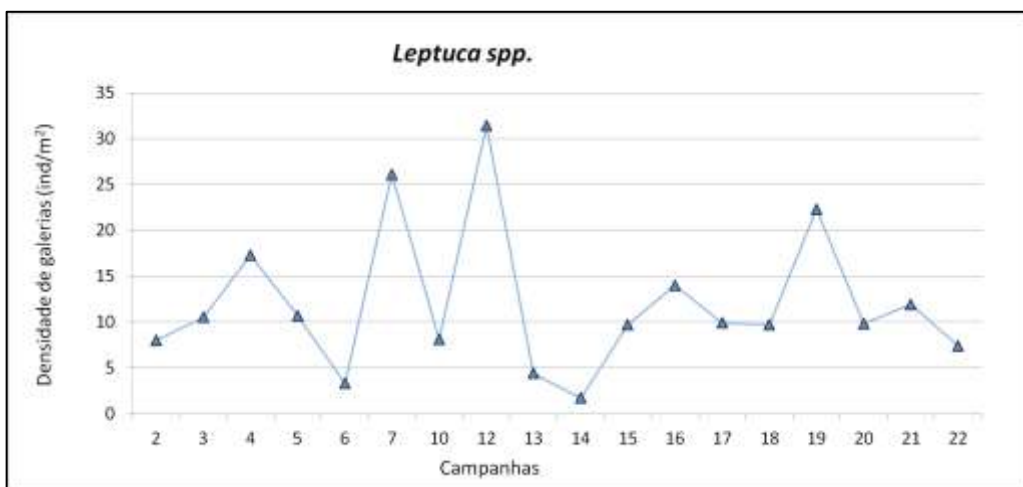


Figura 57 – Densidade média de galerias do gênero *Leptuca* spp. no perfil 3.

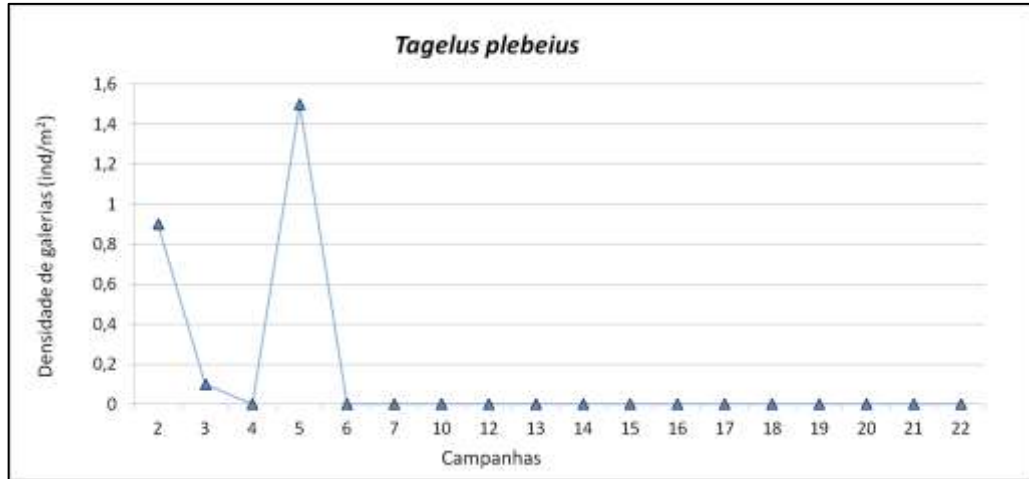


Figura 58 – Densidade média de galerias da espécie *Tagelus plebeius* no perfil 3.

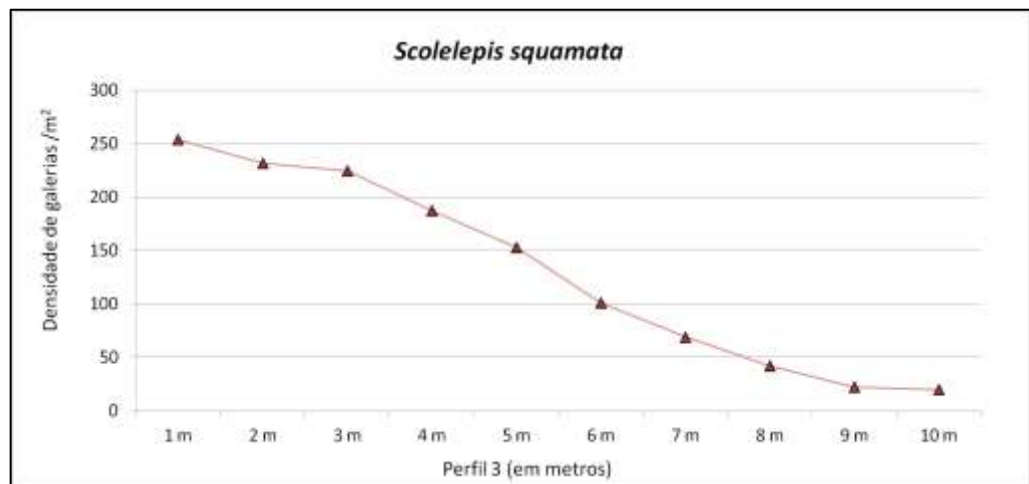


Figura 59 – Densidade média de galerias da espécie *Scolelepis Squamata* por m² em todas as campanhas realizadas do perfil 3.

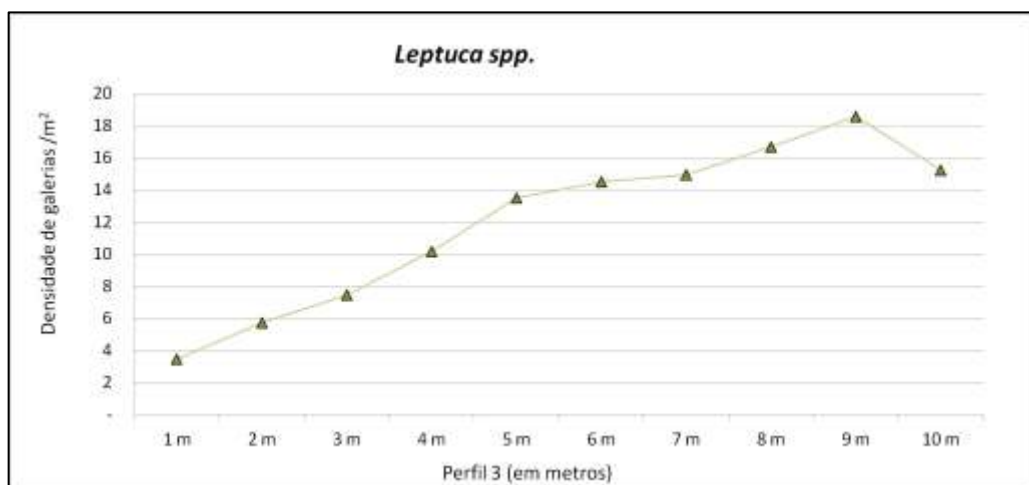


Figura 60 – Densidade média de galerias do gênero *Leptuca spp.* por m² em todas as campanhas do perfil 3.

5. DISCUSSÃO

5.1. Morfodinâmica e estações climáticas

Com os resultados gerados, as fotografias e vídeos aéreos de alta resolução, além dos dados meteorológicos e oceanográficos obtidos, foram possíveis analisar os movimentos morfodinâmicos de curto e médio prazo dos canais do rio e das barras arenosas presentes na desembocadura do rio Itaguapé. O canal principal do rio desemboca na porção Leste da praia, podendo formar meandros e canais secundários até chegar ao mar (figura 4). Esses canais são altamente dinâmicos e se movimentam rapidamente, remobilizando as barras arenosas. São controladas pelos processos hidrodinâmicos e meteorológicos responsáveis pela alta variabilidade morfológica, e pelos processos de acreção e erosão (HOEFEL, 1998; SHORT, 2006).

No decorrer do estudo pudemos observar padrões na movimentação das barras arenosas e do canal principal do rio Itaguapé, como por exemplo, a tendência de acreção e erosão associado à migração da barra arenosa da desembocadura para Oeste nas saídas no inverno, e tendência de migração da barra para Leste nas coletas no Verão. Esses movimentos são semelhantes aos observados por Irizawa (2012) e corrobora com os estudos de Abib (2011) e Capel (2009), que analisaram as movimentações morfodinâmicas na desembocadura do rio Itaguapé, comparando os traçados de maré alta e maré baixa na desembocadura.

5.1.1. Outono 2018

As saídas de 0 a 2 foram realizadas na estação de Outono de 2018, podemos observar que as chuvas registraram taxas abaixo das médias históricas para Bertioxa, apresentando uma estação mais seca que a habitual. Na saída 0 (17/04/2018), podemos observar que a barra da desembocadura estava a Leste da praia, enquanto o canal principal rio estava causando um processo erosivo na parte Oeste, afetando a vegetação local. Estes processos foram causados principalmente por eventos hidrodinâmicos, como a ação de ondas e das marés, pois nos meses que antecederam a saída as taxas pluviométricas foram bem abaixo das médias históricas, chovendo apenas 16 mm em todo mês de março de 2018. Nas saídas 1 (04/05/2018) e 2 (15/06/2018) a erosão no Oeste da praia havia cessado e iniciado a acreção sedimentar, o canal principal do rio havia se movimentado para Leste, deixando para trás o antigo canal abandonado. Esses processos foram causados principalmente pela ação das

ondulações que atingiram a região com até 2,5 m de altura de Sudeste, em conjunto das marés de sizígia ajudam a empilhar a água na desembocadura nos horários de maré alta.

5.1.2. Inverno 2018

Nas saídas de 3 a 6, realizadas no Inverno de 2018, podemos observar taxas pluviométricas abaixo das médias históricas para o período compreendido, apresentando uma estação invernal mais seca que a habitual para Bertioiga. Nestas coletas pudemos observar grandes ondulações atingindo a praia, com alturas chegando a mais de 3 m de Sudeste, com ventos intensos atingindo a praia, que dependendo de sua duração e sentido, podem causar o empilhamento ou o escoamento de água na desembocadura do rio Itaguapé. Os resultados mostram a tendência da barra arenosa de migrar para Oeste no inverno. As fortes ondulações de inverno contribuíram para o empilhamento das águas na desembocadura, fazendo com que o canal principal do rio Itaguapé migrasse à Norte, causando erosão na paleopraia. Os principais responsáveis por essas mudanças foram as fortes ondulações que somadas às grandes variações de maré, além da ação dos fortes ventos contribuíram para mudanças na dinâmica morfológica da desembocadura do rio Itaguapé.

5.1.3. Primavera 2018

As saídas de 7 a 11 foram realizadas na estação de Primavera de 2018, onde a partir do mês de outubro de 2018 ocorreu um aumento na precipitação regional. A saída 7 (27/09/18) ainda apresentava as características da estação invernal, com baixa precipitação (média de 1,23 mm por dia), e fortes ondulações em conjunto das altas variações da maré e fortes ventos, contribuíram para o aumento da erosão na paleopraia. O banco arenoso exposto da desembocadura continuou sua movimentação e acreção para o Oeste. A partir da saída 8 (20/10/18) podemos observar a fragmentação no banco arenoso da desembocadura, formando um novo banco isolado no centro da praia, que se manteve até o fim da estação da Primavera. Observamos o aumento na pluviosidade local, com uma taxa média de 10,46 mm de precipitação diária desde a coleta anterior. Nas saídas 8, 9, 10 e 11 foi observada grande quantidade de água doce empilhada. Esse acúmulo pode ser explicado por conta do início do período chuvoso na região, além disso, as marés podem ter contribuído para o empilhamento das águas na desembocadura, a partir da saída 9 até a 11 tivemos valores baixos de variação das marés.

5.1.4. Verão 2019

A saída 12 realizada no dia 31/01/2019 apresentou metade da taxa média pluviométrica da coleta passada, isso explica a menor quantidade de água empilhada no Norte da praia. Duas ondulações, uma delas com a presença de fortes ventos atuaram na praia, e podem ter influenciado na acreção sedimentar e união das barras arenosa central e no Sudoeste da praia. Na saída 13 (14/02/2019), observa-se uma maior área alagada na praia de Itaguapé, este fato é explicado por conta da maré de quadratura naquela data, cujo valor mínimo foi de 0,6 m e o máximo de 0,9 m, o que dificultava o escoamento fluvial e causava o empilhamento de água na desembocadura do rio Itaguapé. Apesar da variação ter sido baixa na data de coleta, no mês de fevereiro observamos o máximo perigeu e máximo apogeu da Lua para o ano de 2019, ou seja, foram as mais altas e mais baixas variações de maré do ano, com os valores de maré alta chegando a 1,6 m e de maré baixa a 0 m. Nesta coleta observamos um barco virado na desembocadura do rio, causado pela ondulação e ação de fortes ventos que atingiram o interior da desembocadura no dia anterior à coleta, cujas intensidades e direção favoreciam o empilhamento de água na desembocadura do rio. Na saída 14 (14/03/19) podemos observar que o canal principal do rio Itaguapé apresentou migração para Oeste, aumentando a barra arenosa da desembocadura do rio no Leste da praia.

5.1.5. Outono 2019

No outono de 2019 a barra arenosa da desembocadura se mostrou cada vez mais exposta na maré baixa, apresentando uma tendência de crescimento para Oeste, alterada no final da estação quando a barra principal se fragmentou diminuindo de tamanho por conta de um novo canal do rio Itaguapé que surgiu. Nas saídas 15 (26/03/19) e 16 (15/04/19), os maiores fatores de influência na dinâmica da desembocadura foram as altas taxas pluviométricas registradas, em média 11,43 e 12,54 mm de precipitação diária, respectivamente. A partir da saída 17 (23/04/19) essas taxas de precipitação diminuíram, chegando a apenas 1,98 mm de chuva média diária desde a coleta anterior. As médias pluviométricas se mantiveram baixas nas saídas seguintes, por isso observamos uma menor área alagada. Nas saídas 18, 19 e 20, as principais responsáveis pelas mudanças morfodinâmicas na desembocadura do rio foram as ondulações que atingiram a região com ondas de mais de 2 m de altura, notamos fortes ventos atuando, o que poderia influenciar no empilhamento das águas na desembocadura. Na saída 19 pudemos notar a formação de um novo canal à direita da praia, encurtando o caminho do rio até o mar, o que ocasionou na

diminuição da barra arenosa no Leste. A partir da saída 20 vemos esse canal aumentando de tamanho, a coleta foi realizada no horário de subida da maré, onde notamos as águas do mar entrando nos canais da desembocadura do rio Itaguapé.

5.1.6. Inverno 2019

A partir da saída 21 (03/07/19) os dados de pluviométricos não puderam ser obtidos, porém em consulta à outra estação pluviométrica instalada em Bertioxa observamos que a cidade ainda continuava sem chuva. No início do Inverno podemos observar ondas de até 2 m de altura de Sul e ventos de até 8 m/s, que foram os principais fatores de influência na dinâmica da desembocadura. Podemos notar que a barra central estava se ligando a barra a Sudoeste da praia, fechando a ligação do canal principal do rio com o canal a Oeste da praia. Na saída 22 (16/07/19) observamos que a acreção no Oeste da praia havia aumentado, causando a engorda da barra e a redução do canal abandonado.

5.1.7. Dados meteorológicos e oceanográficos

O clima de Bertioxa é tropical chuvoso, sem períodos de seca. É influenciado pelas massas de ar tropical atlântica, que possuem características quentes e úmidas, e as massas de ar polar atlântica, que são frias e úmidas. O confronto destas duas massas de ar nos períodos de verão, em conjunto da presença das encostas da Serra do Mar, produz grande instabilidade climática, causando altos índices pluviométricos, destacando como uma das áreas que mais chove no Brasil. Afonso (2006) mostra que a principal característica climática da região é o bloqueio da brisa marítima e dos ventos predominantes, pela Serra do Mar, causando altos índices de umidade, nebulosidade e de pluviosidade (DAAE, 2009; PEREIRA, 2011).

A análise da distribuição pluviométrica é importante para a descrição morfodinâmica das praias arenosas, e pode ter grande influência em áreas com alta taxa de precipitação, afetando as características geomorfológicas. A cidade de Bertioxa se destaca pelo aumento de pluviosidade devido ao posicionamento da Serra do Mar no sentido de confronto (Leste-Oeste) à passagem dos sistemas frontais, e muito próxima à linha de costa que funciona como uma barreira para os ventos vindos de Sul, os principais sistemas geradores de chuva. Não são verificados períodos de estiagem, mas uma distribuição regular de chuvas o ano todo, com os maiores índices pluviométricos entre outubro e abril (CHRISTOFOLETTI, 1980; SANT'ANNA NETO, 1990; AFONSO, 2006).

Dados de precipitação acumulada registrado pelo pluviômetro instalado em São Lourenço, praia adjacente à área de estudo, mostram que na média histórica de 1970-1994, as maiores pluviosidades médias ocorreram no mês de janeiro, o qual apresenta valores elevados até abril, quando começa a baixar atingindo as menores médias no mês de agosto e depois volta a subir entre a primavera e o verão (DAAE, 2009; TRAVALINI, 2012).

Nos dados pluviométricos podemos notar uma taxa de precipitação menor que as médias históricas nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio, julho e setembro de 2018, enquanto os meses de junho, outubro, novembro e dezembro de 2018 tiveram taxas mensais maiores que as médias históricas. Em 2019 os meses de janeiro e junho tiveram taxas menores que as médias, enquanto que os meses de fevereiro, março, abril e maio de 2019, tiveram taxas mensais superiores as médias históricas. Destes destacamos os meses de fevereiro, março e abril de 2018, com taxas mensais registradas de 49, 16 e 55 mm respectivamente, sendo valores muito abaixo das médias históricas, onde as médias históricas apontam valores de 252, 228 e 155 mm mensais, respectivamente. A partir do mês de julho de 2019, por algum motivo desconhecido, os dados pararam de ser registrados na estação utilizada como referência para este estudo, por isso não foi possível obter as precipitações acumuladas em julho e agosto de 2019. Contudo através de análises de outros pluviômetros instalados em Bertiooga, observamos que nos dias 04 e 05 de julho de 2019 choveu um acumulado de 182,3 mm, superando a média histórica para todo mês de julho, que é de 120 mm segundo os dados obtidos em conjunto do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Em relação aos valores de alturas máximas e mínimas das marés, foram utilizados dados de previsão, onde somente são considerados os efeitos astronômicos das marés, que podem ser previstos a partir das posições dos astros, como a Lua, o Sol e a Terra. Porém os valores previstos podem ser diferentes dos dados observados, pois fatores meteorológicos como a ação de tempestades, podem influenciar na altura relativa do nível do mar. No caso das ondas de tempestades (ressacas), as forças hidrodinâmicas em conjunto das altas marés de sizígia causa o empilhando da água na região costeira, elevando a altura do nível do mar e causando maior área inundada e podendo até causar danos à zona costeira. Esses eventos são descritos como modificadores temporários da dinâmica costeira, pois somados a forças meteorológicas e oceanográficas como as ondas, correntes de marés e ventos, são os principais causadores de erosão na zona costeira (KONAR, 1998; TESSLER, 2005).

5.1.8. Uso dos Drones e aplicação fotogramétrica

A utilização dos drones para a obtenção de imagens aéreas, em conjunto das técnicas fotogramétricas aplicadas, permitiu a realização deste monitoramento de maneira eficaz, simples e com um baixo custo. A partir do alinhamento das imagens de cada sobrevoo, da criação das nuvens de pontos e das malhas de superfície e textura, foram reconstruídos 23 modelos tridimensionais e 23 ortofotografias da desembocadura do rio Itaguaré.

Os dois primeiros sobrevoos (0 e 1), apesar de terem sido processados, as imagens obtidas não foram suficientes para gerar modelos satisfatórios. Pois ou não cobriam toda área de estudo ou eram imagens oblíquas (figura 61). Quando possível o objeto a ser analisado deve estar sempre no centro das imagens e preencher a maior parte da foto, além disso, deve haver uma sobreposição dos objetos contidos nas fotos na ordem de 60 a 80%, de modo que o mesmo objeto apareça em diversas fotos para um melhor cálculo de alinhamento dessas imagens e a criação de menos pontos indesejáveis nos modelos. Quanto maior a sobreposição, melhor será a qualidade e detalhamento dos produtos computacionais gerados. Como os sobrevoos e fotografias foram realizados manualmente e não com a ajuda de programas especializados, a taxa de sobreposição não pode ser calculada com precisão, porém após os testes realizados, foram tomados maiores cuidados em relação a esse ponto, sempre realizando as fotografias áreas com a maior taxa de sobreposição possível.



Figura 61 – Exemplo de uma fotografia aérea oblíqua. Foto da desembocadura do rio Itaguaré.

Outras limitações como o clima na hora dos levantamentos fotográficos também podem afetar os processamentos ou até atrapalhar os sobrevoos, como no caso da saída 5, que por conta de fortes ventos e chuva, logo após a decolagem teve de ser interrompido, por este motivo não houve registro fotográfico neste dia. Na saída 7 tivemos a presença de forte neblina e vento na hora do sobrevoos, porém nada que impossibilitasse o equipamento de voar ou obter as fotografias, notamos a presença de partes borradas na ortofotografia criada, porém não atrapalhou a análise do objeto de estudo. Nas saídas 8 e 9 por conta da grande quantidade de água empilhada na desembocadura do rio e da posição do Sol que fazia reflexo na água, o processamento acabou sendo prejudicado, o que pode trazer distorções para os modelos. Porém em todas as outras saídas de campo tivemos um clima favorável à realização dos sobrevoos e obtenção de imagens aéreas.

A partir dos erros médios dos modelos podemos estimar se os dados podem ser aceitáveis ou não, elevados erros em metros podem significar que o alinhamento relativo das imagens é bom, mas as coordenadas de GPS não são precisas ou vice-versa e até ambos. O modelo gerado para a saída 0 apresentou erro médio de 12,46 metros por conta da obtenção das imagens, que foi feita sem um planejamento prévio, não abrangendo toda a área de estudo. Os ortomosaicos gerados para as saídas 16 e 21 também apresentaram elevada taxa de erro médio, com 7,10 e 6,92 metros respectivamente, o primeiro modelo pode ter sido causado por problemas no processamento e alinhamento das fotos, no segundo modelo provavelmente o erro foi causado por conta de o modelo abranger uma área total maior em relação a todos os outros modelos, com uma maior área de cobertura o erro médio tende a aumentar. Em relação aos outros modelos gerados, todos apresentaram erros médios baixos e foram considerados aceitáveis.

Nestes levantamentos não utilizamos pontos de controle em solo por conta da área de estudo ser extensa, além de não possuímos os equipamentos adequados (GPS Diferencial) para obtenção de dados mais precisos na época da realização das coletas, porém utilizamos alguns pontos de referência para testarmos a eficácia dos modelos gerados. Os pontos utilizados foram objetos presentes em cada dia de coleta. Na saída 2 utilizamos uma lona azul como referência (figura 62), a mesma possui 3 m de comprimento, quando tirada a medida deste mesmo objeto no modelo ortofotográfico criado, obtivemos o valor de 3,18 m (figura 63), um erro aproximado de apenas 0,18 m relação ao objeto real. Nas outras saídas foram utilizados outros objetos presentes em campo para referência, como na saída 6 em que tomamos as medidas de um dos barcos situados na região Norte da desembocadura (figura

64), cujo comprimento era de 6,33 m, quando tiramos as medidas no modelo obtivemos o valor de 6,59 m de comprimento (figura 65), um erro de aproximadamente 0,26 m.

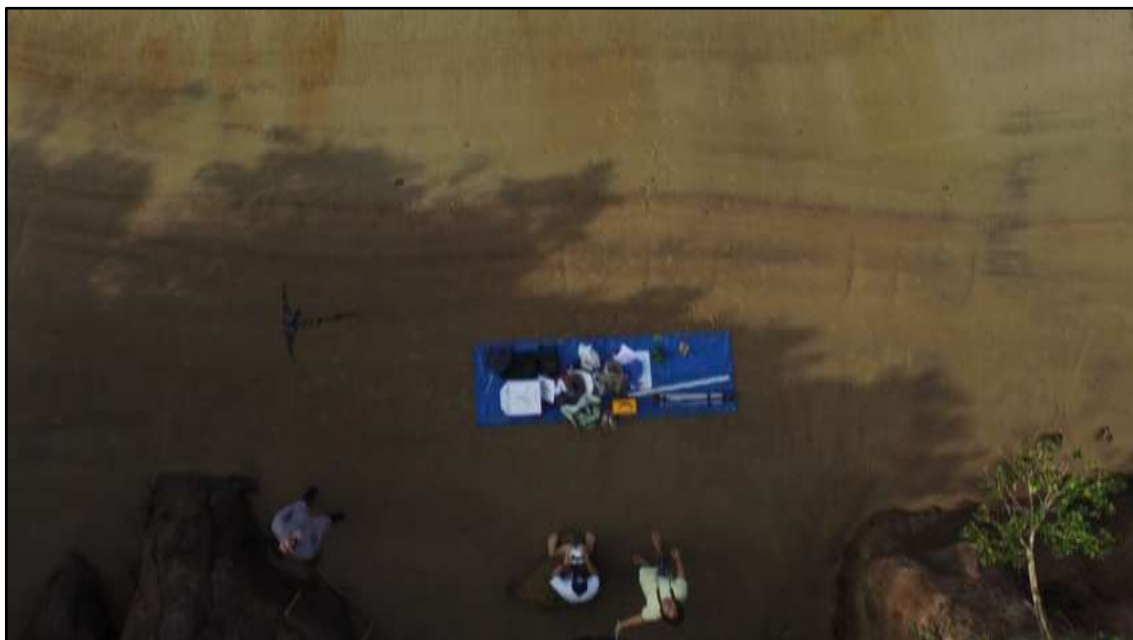


Figura 62 – Fotografia aérea da lona azul utilizada como ponto de referência.



Figura 63 – Medição do comprimento da lona azul utilizada como referência no modelo fotogramétrico da saída 2.



Figura 64 – Fotografia aérea contendo o barco utilizado como medida de referência.



Figura 65 – Medição do comprimento do barco utilizado como referência no modelo fotogramétrico gerado computacionalmente a partir das fotografias aéreas obtidas na saída 6.

5.2. Distribuição granulométrica

A distribuição granulométrica ao longo da desembocadura depende da turbulência gerada pelas ondas, das forças da maré além do fluxo fluvial proveniente do rio Itaguapé, assim o tamanho dos grãos são definidos pelas forças hidrodinâmicas e pela turbulência local. Os três perfis e quatro pontos analisados na área de estudo se apresentaram semelhantes quanto a porcentagem de suas classes granulométricas, com alto grau de seleção e diâmetro médio variando de areia fina a muito fina, se diferenciando nas porcentagens de lama em alguns pontos (EVAN, 1939; BASCOM, 1951; KOMAR, 1998; RAFAELLI & HAWKINS, 2012).

No perfil 1 as análises granulométricas mostram valores baixos de desvio padrão, indicando sedimentos com melhor grau de selecionamento em relação aos outros perfis, o que indica amostras mais homogêneas, e baixo grau de energia nesta região. Podemos observar a presença de lama nas primeiras coletas realizadas, que logo foi substituída por sedimentos arenosos, com predominância de areia fina à muito fina.

Ao longo dos anos o canal principal do rio Itaguapé havia migrado onde hoje se encontra o ponto Perfil 1, causando erosão e a formação de canais, que contribuíram para o depósito de sedimentos lamosos, inclusive dando espaço para o assentamento de vegetação típica de manguezal em alguns pontos. Estes processos foram observados e registrados fotograficamente por Buchmann ao longo de anos (figura 66), que acompanhou a inversão e o início de processos sedimentares deposicionais, onde existiam canais que foram assoreados por sedimentos arenosos transportados através das forças hidrodinâmicas atuantes.



Figura 66 – Fotografias do mesmo local próximo ao perfil 1. **A)** Foto tirada em 09/11/2011, evidenciando o assentamento vegetal na margem de um dos canais do rio Itaguapé. **B)** Foto tirada em 07/11/2016, evidenciando o processo de deposição de sedimento no mesmo banco vegetal próximo ao perfil 1, nota-se que já não havia mais a presença dos canais naquela região (Fotos: Buchmann).

Esses processos podem ser observados através das imagens de satélite disponíveis pelo programa *Google Earth Pro*, que mostra a desembocadura do rio Itaguapé desde 2002, mesmo as imagens tendo um grande intervalo de tempo entre elas ainda é possível observar os processos de erosão e acreção atuando. A figura 67 apresenta um mosaico de imagens em ordem cronológica crescente, na imagem “A”, datada de 14/04/2002 nota-se os antigos canais do rio a Oeste da praia, fechados pela formação de um banco arenoso naquela região. Estes canais provavelmente estavam causando um processo de erosão naquele ponto, e que depois da formação desse banco arenoso pela deposição, houve o estabelecimento de vegetação. Essa sucessão vegetacional pode ser vista na imagem “B” (01/10/2009), durante esse intervalo nota-se que espécies vegetais haviam se consolidado neste banco, pois não houve mais processos erosivos que causasse remobilização da vegetação durante este período de tempo. Na imagem “C” em 02/09/2011 notamos novamente o processo deposicional, inclusive

suprimindo a vegetação presente, dando espaço para um novo banco arenoso. Até a data da imagem “D” em 13/11/2017, houve nova formação vegetal que se instalou e cresceu durante esse longo intervalo de tempo. Na imagem “E”, feita em 17/04/2018 com o auxílio de um drone, vemos o canal principal do rio Itaguaré causando o processo erosivo nas espécies vegetais presentes à Oeste da praia. Este processo provavelmente é semelhante aos que sucederam esse registro aos longos dos anos, e que por conta dos longos intervalos entre cada imagem de satélite disponível, não foi possível de ser observado. Na imagem “F” (11/12/2018) notamos que o canal do rio havia migrado para direita, cessando o processo erosivo na vegetação existente e dando espaço para a formação de um novo banco arenoso naquela região.



Figura 67 – Sequência de imagens de satélite e foto aérea em ordem cronológica evidenciando os processos de acreção e erosão na região Oeste da desembocadura do rio Itaguaré. **A)** 14/04/2002. **B)** 01/10/2009. **C)** 02/09/2011. **D)** 13/11/2017. **E)** Foto aérea, 17/04/2018. **F)** 11/12/2018. (Fotos: **A, B, C, D, F:** *Google Earth Pro*; **E:** *DJI Phantom 3*).

No perfil 2 os valores menores de diâmetro médio indicam a presença de grãos de maior tamanho, e os valores de desvio padrão mais altos indicam maior grau de energia e maior grau de heterogeneidade nas amostras quando comparado aos outros perfis. O perfil 2 está localizado próximo a um tronco enterrado na região central da desembocadura do rio, que foi utilizado como ponto de referência para as coletas, neste ponto somente observamos a presença de lama nas saídas 12, 14 e 15, provavelmente por conta do início do período chuvoso na região, o que aumenta a vazão do rio Itaguapé e conseqüentemente o transporte sedimentar fluvial, trazendo sedimentos lamosos de porções superiores do rio. Em cinco das saídas realizadas não puderam ser coletadas amostras para análise granulométrica neste ponto, pois muitas vezes o local de coleta estava inacessível, ou alagado.

No perfil 3 (Início) os valores de desvio padrão indicam amostras muito bem selecionadas em todas as campanhas, em todas as amostras analisadas observamos a presença de lama por ser mais abrigadas. Baraldo (2018) em análise granulométrica dos sedimentos coletados ao longo do rio Itaguapé mostrou que nas porções superiores do rio ocorre lama fluída, o que pode contribuir para o aporte sedimentar lamoso na desembocadura do rio Itaguapé. As frações granulométricas indicam maior porcentagem de areia muito fina em relação a areia fina na maioria das coletas. Os valores de diâmetro médio indicam a presença de grãos de menor tamanho em comparação aos outros perfis.

No perfil 3 (Fim) os valores de desvio padrão indicam amostras muito bem selecionadas na maioria das campanhas, porém em comparação com os outros perfis apresentou os maiores valores de desvio padrão, indicando menor grau de seleção nas saídas 20 e 21. Os valores de diâmetro médio indicam predominância de areia fina nas campanhas. Neste ponto não houve a presença de lama em nenhuma das amostras coletadas.

5.3. Invertebrados da Infauna

O estabelecimento de alguns grupos de organismos na infauna dos ambientes costeiros depende de alguns fatores como tempo de exposição ao dessecação, tipo do substrato, oxigenação intersticial do sedimento, fluxo de água, força das correntes, altura das marés, salinidade. Das espécies encontradas neste estudo, algumas podem ser influenciadas pela salinidade, como por exemplo, *Callichirus major* e *Leptuca* spp., que podem ter a mobilidade reduzida em ambientes de baixa salinidade, causando uma queda na capacidade de construção

e manutenção das galerias dessas espécies, afetando seu estabelecimento no ambiente (SANDERS, 1958, 1960; MAGNUM, 1968; MYERS, 1972; POSEY, 1986; KRISTENSEN, 2008; SOUZA, 2000; ABRAHÃO *et al.*, 2010; QURESHI & SAHER, 2012).

Os valores de salinidade analisados neste estudo (variação de 0 a 35 no perfil 3) são similares aos encontrados por Irizawa em 2017, com uma grande variação ao longo da desembocadura do rio, demonstrando a influência da cunha salina na desembocadura e rio acima. Baraldo (2018) demonstrou que o estuário do rio Itaguapé pode ser classificado, segundo Pritchard (1955), como do tipo B (parcialmente misturado) ou do tipo A (cunha salina) dependendo das condições meteorológicas e oceanográficas. O aporte fluvial de água doce do rio Itaguapé, dependendo da intensidade de sua vazão pode causar alterações no estabelecimento de algumas espécies, pois reduz a salinidade do ambiente, causando instabilidade e perturbação do substrato, sendo sensíveis à algumas espécies. (TEAL, 1958; DAY *et al.*, 1989; MCLUSKY & ELLIOT, 2004; ROSÁRIO, 2010).

No perfil 1 foram encontrados os menores valores de salinidade para os três perfis, por conta da localidade do ambiente que é propício ao acúmulo de água doce, este fato contribuiu para explicar a dominância dos poliquetas da família *Spionidae* nesta área. Esse resultado é semelhante ao visto por Irizawa em 2017, que também avaliou a presença destes poliquetas na desembocadura do rio Itaguapé, esses organismos possuem grande ocorrência pelas praias da Baixada Santista e em grande parte do Brasil. Ao longo das primeiras campanhas notamos uma queda contínua na quantidade dos poliquetas *Scolelepis squamata* habitando a área de estudo, de uma média de 732,6 galerias/m² na saída 2 para uma média de 22,2 galerias/m² na saída 7 (figura 68). Essa queda provavelmente se deu por conta da mudança na composição do substrato durante esse período de tempo, causada principalmente pelos processos hidrodinâmicos, que atuaram mais intensamente neste período de inverno. Estes organismos são fortemente influenciados pelo tamanho médio dos grãos do sedimento, durante as primeiras campanhas no perfil, podemos notar a presença de lama na primeira coleta que foi substituída por sedimentos arenosos durante as saídas subsequentes (CORBISIER, 1991; SOUZA & BORZONE, 2000; SHIMABUKURO, 2011; AMARAL, 2013).

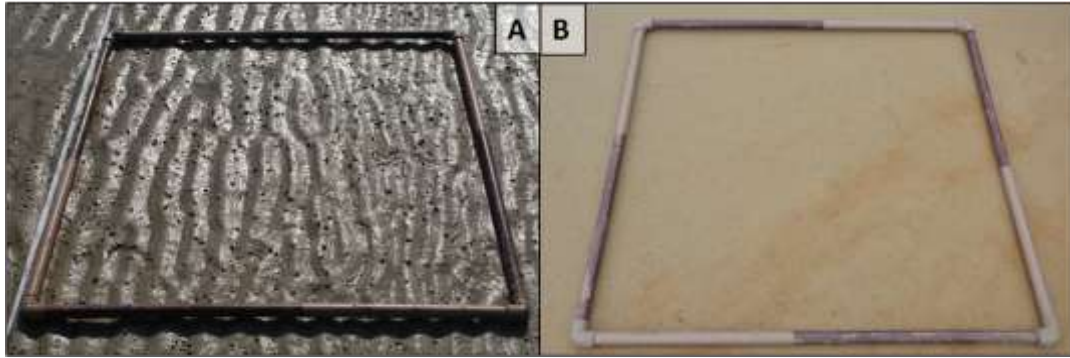


Figura 68 – A) Uma das réplicas de 1 m² dos primeiros metros do perfil 1 na saída 2 (15/06/2018), evidenciando a grande quantidade de galerias do poliqueta da família *Spionidae* na superfície. **B)** Réplica de 1 m² dos primeiros metros do perfil 1 na saída 7 (27/09/2018), nota-se a baixa quantidade de galerias na superfície do substrato (Fotos: Buchmann).

Na campanha 8 e 11 não puderam ser coletados dados para análise das galerias, porém ao longo das saídas os valores de *Spionidae* voltaram a crescer havendo um pico de surgimento de galerias na saída 12 em 31/01/2019 próximo ao ponto de coleta do perfil 1 (média de 492,8 galerias/m²), como pode se observar na figura 69. Até esta data ainda podia-se notar o processo deposicional sedimentar, porém nos pontos onde se encontravam maior quantidade dos poliquetas, apresentava-se um sedimento mais escuro, indicando uma provável presença de lama. Na campanha 13 em 14/02/2019, houve uma redução das galerias encontradas, chegando à média de 88,8 galerias/m², provavelmente houve essa queda, pois havia se iniciado o processo erosivo, inclusive expondo as raízes de plantas que até as saídas anteriores estavam sendo soterradas, esse processo se manteve lentamente durante as campanhas subsequentes (figura 70). A partir desta data as quantidades de galerias encontradas na região tiveram outro aumento chegando a 701,5 galerias/m² na saída 16 em 15/04/2019, o que corresponde ao pico de recrutamento larval observado por Souza & Borzone (2000) para estes organismos, e também por Irizawa (2017) na região da desembocadura do rio Itaguapé. Até a última campanha realizada os valores de densidade de galerias diminuíram, provavelmente pelo início do período de seca, que diminuiu o aporte de água doce na desembocadura.

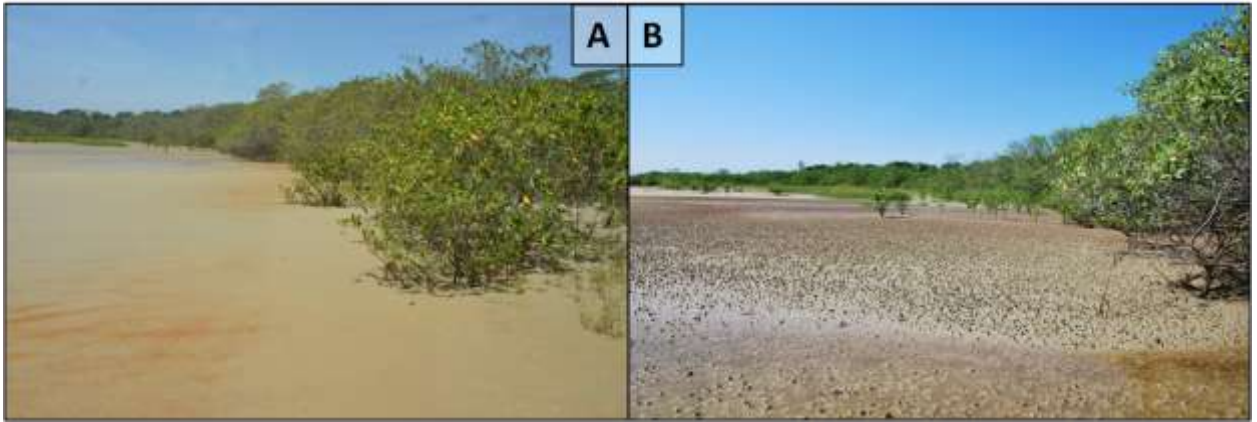


Figura 69 – A) Foto da campanha 9 (31/10/2018) nas adjacências do perfil 1. B) Foto da campanha 12 (31/01/2019), na mesma região do perfil 1. Observa-se a baixa quantidade de galerias do poliqueta *Scolelepis squamata* na superfície do substrato na primeira imagem e o aumento das galerias da espécie na segunda imagem (Fotos: Buchmann).



Figura 70 – A) Foto da campanha 2 (15/06/2018) nas adjacências do perfil 1. B) Foto da campanha 17 (23/04/2019), na mesma região do perfil 1. Nota-se na primeira imagem a vegetação sendo soterrada. Na segunda imagem vemos as mesmas plantas com as raízes expostas, pois havia se iniciado o processo erosivo desde a saída 13 (Fotos: Buchmann).

Os crustáceos do gênero *Leptuca* spp. apareceram dentro das réplicas do perfil 1 a partir da campanha 7 a 12 e entre as saídas 19 e 21, com médias variando de 0,1 a 0,6 galerias/m², apesar da baixa representatividade destes organismos dentro do perfil, podemos observar a presença de galerias da espécie próximos aos pontos de coleta em todas as saídas,

por conta dos episódios de deposição de sedimentos arenosos, notou-se uma maior distribuição destes organismos (figura 71).



Figura 71 – Foto dos arredores do perfil 1 na saída 10 em 28/11/2018. Observa-se a presença de galerias do crustáceo *Leptuca* spp. e a vegetação sendo soterrada pelo sedimento arenoso depositado pela ação das ondas e das marés (Foto: Buchmann).

As espécies *Diopatra cuprea* e *Tagelus plebeius* não tiveram nenhuma ocorrência no perfil 1, porém a primeira espécie apareceu próximo ao ponto de coleta na saída 6 em 28/08/2018, onde notavam-se a presença de marcas de fundo (figura 72), causadas pela passagem constante de água, esse organismo foi provavelmente trazido pela ação hidrodinâmica que estava atuando forte durante esse período, causando remobilização da comunidade bentônica e não se estabilizou neste banco provavelmente por conta da baixa densidade dessa espécie e pelos processos morfológicos atuantes nos períodos subsequentes. Esses fatores podem explicar a presença de um único indivíduo da espécie *Callichirus major*, que teve somente uma ocorrência na saída 9 (31/10/2018), não mais sendo visto no perfil 1.

A espécie *Kalliapseudes schubartii* foi encontrada nas primeiras campanhas do perfil 1, porém por conta da dificuldade em encontrar e identificar a galerias destas espécies, pois esses organismos podem habitar a galeria de outros indivíduos, como a dos poliquetas *Spionidae*, não foi possível obter valores de densidade de galerias por metro quadrado.

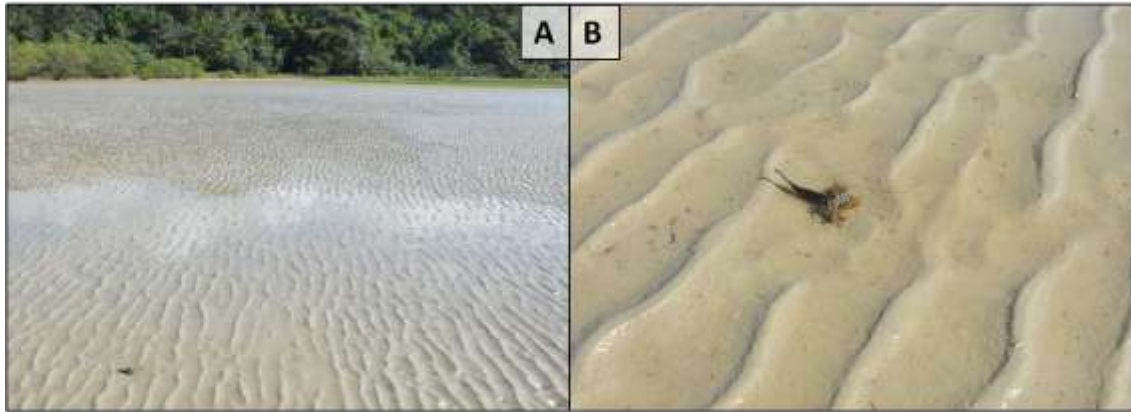


Figura 72 – **A)** Foto dos arredores do perfil 1 na saída 6 em 28/08/2018, nota-se a presença de uma galeria ornamentada da espécie *Diopatra cuprea* no canto inferior esquerdo da imagem. **B)** Destaque da galeria do mesmo indivíduo. Notam-se as marcas de fundo sugerindo uma região de constante passagem de água (Fotos: Buchmann).

No perfil 2 (figura 73) não foi possível coletar dados sobre a densidade das galerias nas campanhas 6, 8, 9, 10, 11 e 13, pois o perfil se encontrava alagado ou inacessível por conta dos canais muitas vezes profundos e de difícil passagem. Quando possível realizávamos as campanhas mesmo que a área estivesse alagada, como na saída 2 (figura 74). Os poliquetas da família *Spionidae* ocorreram em apenas duas das campanhas realizadas, nas saídas 3 (29/06/18) e 12 (31/01/19), com médias de 26,5 e 319,6 galerias/m², respectivamente. Essa alta ocorrência do poliqueta na saída 12 pode ser explicada pela presença de lama encontrada no perfil 2 nesta data, chegando a aproximadamente 0,68% da amostra. Essa lama que também foi encontrada nas saídas 14 e 15, foi trazida provavelmente pelo aumento da chuva na região, que aumenta a vazão do rio Itaguapé, podendo trazer maior quantidade de sedimentos de origem fluvial. O não estabelecimento desta espécie nas proximidades do perfil 2 pode ser causado pela alta dinâmica morfológica que atua intensamente nessa região.



Figura 73 – Foto do perfil 2 com o quadrado e trena utilizados nas coletas. Nota-se o tronco no fundo da imagem, utilizado como referência neste ponto (Foto: Buchmann).



Figura 74 – Foto do quadrado utilizado na campanha 2 (15/06/18) (Foto: Buchmann).

Os crustáceos do gênero *Leptuca* spp. ocorreram no perfil 2 nos meses de maio a junho de 2018, entre as saídas 1 e 3, só voltando a aparecer no perfil entre as saídas 17 a 20 (abril a junho de 2019). Esses resultados demonstram que a população tenta, mas não consegue se estabelecer o ano todo, tendo um período específico de permanência durante esses intervalos de tempo. Embora esses indivíduos sejam resistentes a variação de salinidade, temperatura, umidade e granulometria, as condições morfodinâmicas intensas podem dificultar sua colonização (MOUTON & FELDER, 1995).

O bivalve *Tagelus plebeius* apresentou uma média de 2,1 galerias/m² na saída 1 (04/05/18), diminuindo sua ocorrência e desaparecendo em agosto de 2018, ocorrendo novamente na saída 12 (31/01/19) com uma média de 0,2 galerias/m². Nesta mesma campanha (saída 12) foi observado um evento de mortandade em massa, onde foram encontrados em média 0,55 indivíduos juvenis mortos por metro quadrado dentro do perfil 2 (figura 75).

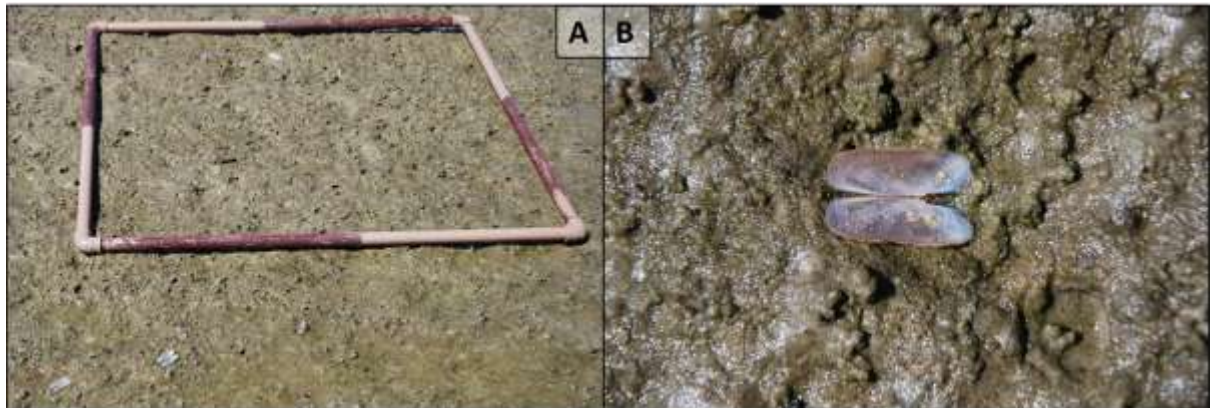


Figura 75 – A) Foto do perfil 2 na campanha 12 com o quadrado utilizado no estudo.

Podemos notar o substrato mais escuro, indicando maiores concentrações de lama na superfície. **B)** Destaque para a presença de uma concha vazia articulada de um indivíduo juvenil da espécie *Tagelus plebeius* (Fotos: Buchmann).

A ocorrência da espécie do poliqueta *Diopatra cuprea* no perfil 2 foi identificada nas campanhas 1, 2 e 3 (início de maio a final de julho de 2018), apresentando valores médios de 0,2 galerias/m² nas três saídas, não ocorrendo novamente até o final do estudo. A maior influência na distribuição destes indivíduos é a intensidade do fluxo de água, por conta de sua estratégia alimentar. Provavelmente após o início do período do inverno, com maiores ondas afetando a desembocadura, estes indivíduos não conseguiram se estabilizar no perfil 2 (MAGNUM, 1968; MYERS, 1972).

A espécie *Callichirus major* teve ocorrência semelhante à espécie anterior, atingindo à média de até 0,33 galerias/m² entre os meses de maio a junho de 2018, só ocorrendo novamente no mês de julho de 2019. Um fator que pode influenciar o estabelecimento de *C. major* é a sua utilização como isca viva por pescadores, como já foi observado por Laurino (2011) para a desembocadura do Itaguapé, essa captura dependendo de sua intensidade pode influenciar na sua distribuição e de outras comunidades bentônicas, pois pode causar

alterações na estabilidade do sedimento, quantidade de oxigênio intersticial e outros fatores (SOUZA *et al.*, 2003).

A partir da saída 3 a dinâmica local movimentou o canal principal do rio Itaguapé até o Norte da desembocadura e iniciando o processo erosivo na paleopraia, neste processo o canal erodiu e remobilizou o sedimento em seu caminho, o qual encontrava-se o perfil 2, por isso a maioria das espécies encontradas no perfil 2 só se manteve até a saída 3. Esse processo erosivo pode ter dificultado o estabelecimento da biodiversidade de infauna bentônica presente no perfil 2 e nas suas adjacências. Outro fator que também pode ter contribuído para essa redução nas populações é o maior tempo da exposição desse banco durante a variação da maré, que torna os animais mais suscetíveis aos efeitos da dessecação e predação.

Na maioria das campanhas foi possível observar marcas de predação no substrato, buracos e até as pegadas de aves que se alimentam da biodiversidade local, principalmente dos organismos bentônicos da infauna, na figura 76 vemos um indivíduo da espécie *Charadrius collaris* (batuíra-de-coleira) se alimentando próximo as galerias dos poliquetas da família *Spionidae* na campanha 3. Esta entre outras espécies de aves puderam ser avistadas se alimentando nos três perfis de coleta, principalmente nas proximidades do perfil 1.



Figura 76 – Ave da espécie *Charadrius collaris* (batuíra-de-coleira), que habita todo litoral do Brasil se alimentando dos poliquetas *Scolecipis Squamata*, na campanha 3 (29/06/2018), nas proximidades do perfil 1 (Foto: Buchmann).

No perfil 3 a densidade de galerias de poliquetas da família *Spionidae* variou de 35,5 a 377,5 galerias/m² nas saídas 7 (27/09/18) e 15 (26/03/19), respectivamente. Nas campanhas 10, 12 e 13 não tivemos registros de poliquetas, pois os metros iniciais do perfil estavam alagados impossibilitando a contagem das galerias, nas campanhas 5, 7, 17, 18 e 19, fizemos as coletas no momento em que a maré estava subindo, afetando os metros iniciais de coleta, porém ainda assim pudemos contabilizar parte das galerias presentes, isso explica as médias baixas registradas para estas campanhas, para todas as outras coletas pudemos notar a presença constante desses indivíduos nos metros iniciais do perfil 3.

Os crustáceos do gênero *Leptuca* spp. tiveram ocorrência no perfil 3 em todas as campanhas realizadas, atingindo médias de até 31,4 galerias/m² na saída 12 (31/01/19), diminuindo drasticamente para 4,4 galerias/m² na saída 13 (14/02/19). A espécie *Diopatra cuprea* não apresentou nenhuma ocorrência nas réplicas analisadas do perfil 3. O molusco bivalve *Tagelus plebeius* ocorreu no perfil 3 nas saídas 2, 3 e 5, com valores médios de 0,9, 0,1 e 1,5 galerias/m², respectivamente. Não houve mais ocorrências de galerias destes organismos dentro do período analisado. A diminuição da salinidade pode causar efeitos negativos na taxa de crescimento de *T. plebeius*. A espécie *Callichirus major* não apresentou nenhuma ocorrência nas réplicas analisadas no perfil 3, ele geralmente é encontrado em ambientes de salinidades elevadas (FELDER, 1978). A espécie *Kalliapseudes schubartii* foi encontrada nas primeiras campanhas realizadas no perfil 3 (saída 2 e 3). Fonseca & D’Incao (2006) demonstraram o aumento na mortalidade dessa espécie em função da diminuição de salinidade, porém neste estudo, com a dificuldade de encontrar estes organismos, não pudemos obter dados de densidade de galerias para a espécie.

No perfil 3 notamos a grande diferença na granulometria e biodiversidade presente ao longo das 10 réplicas de 1 m² analisadas, por isso foi coletado sedimento para análise no primeiro e no último metro de cada campanha realizada no perfil 3. Nos metros iniciais do perfil 3 (Perfil 3 – Início) observamos maior presença dos poliquetas da família *Spionidae*, que diminuía ao longo dos 10 metros analisados com uma média de 254 galerias no primeiro metro quadrado e de 19,7 galerias no último metro quadrado (média de todas as campanhas). Esse fato pode ser explicado pela presença de sedimento lamoso e de menor tamanho em relação ao final do perfil (Perfil 3 – Fim), além de apresentar menor declividade, apresentando exposição ao sol somente em horários de maré baixa. Estes foram os principais fatores de influência para a maior presença de galerias da espécie nos primeiros metros e menor ocorrência da mesma espécie nos últimos metros do perfil 3. Os valores de diâmetro médio

dos grãos no ponto inicial do perfil (Perfil 3 – Início) mostram que neste ponto estão concentrados grãos de menor tamanho em comparação aos outros perfis analisados.

Nos metros finais do perfil 3 houve uma maior ocorrência de galerias dos crustáceos do gênero *Leptuca* spp., apresentando 3,4 galerias no primeiro metro quadrado do perfil e média de 15,2 galerias no último metro quadrado do perfil. Este fato pode ser explicado principalmente pela ausência de sedimento lamoso nos metros finais do perfil 3, além da maior declividade do local, que causa exposição ao sol inclusive em horários de maré alta. As análises granulométricas indicam que no ponto final do perfil (Perfil 3 – Fim) os grãos possuíam maior tamanho em comparação ao ponto inicial do perfil (Perfil 3 – Início), e nenhuma das amostras teve a presença de lama.

6. CONCLUSÕES

Os ambientes costeiros estão sujeitos às mudanças morfológicas em diferentes escalas de tempo, causadas por fatores como o regime de marés local e o clima de ondas, os quais são alguns dos principais controladores das variações de linha de costa, atuando no balanço sedimentar local. Ao longo deste estudo na desembocadura do rio Itaguapé observamos como os eventos climáticos e oceanográficos atuantes na região podem modificar a morfologia do ambiente, afetando a biodiversidade vegetal e animal local.

Com o uso dos drones obtivemos as fotografias aéreas de alta resolução, que através de processamento nos forneceram ortomosaicos georreferenciados da área de estudo, permitindo a realização deste monitoramento de maneira simples, rápida e de relativo baixo custo, quando comparada com outras técnicas. Este tipo de equipamento em conjunto de um processamento adequado pode trazer resultados com alta precisão espacial e erros em escala milimétrica. Neste estudo não foram utilizados pontos de controle em solo por conta da grande extensão da área de estudo, porém através de pontos de referência pudemos confirmar a eficácia dos modelos gerados, que apresentaram erros em escala de metros. Apesar de existirem limitações, o uso do drone foi essencial para este estudo, pois proporcionou de maneira rápida e eficaz a obtenção de imagens aéreas em alta resolução, que seriam muito difíceis de conseguir de maneiras convencionais.

As ortofotografias produzidas, somadas aos dados meteorológicos e oceanográficos obtidos, permitiram analisar a morfodinâmica de curto e médio prazo dos canais do rio e das barras arenosas presentes na desembocadura do rio Itaguapé. O canal principal do rio desemboca na porção Leste da praia podendo formar meandros e canais secundários até chegar ao mar, esses canais são altamente dinâmicos e se movimentam rapidamente, remobilizando as barras arenosas.

Foram observados alguns padrões na movimentação das barras arenosas e do canal principal do rio, como por exemplo, a tendência de migração da barra para Leste próximo às estações de Verão. Além da tendência da migração da barra para Oeste nas estações próximas ao inverno, quando há uma maior incidência de ventos e ondas, a partir de eventos extremos como as tempestades (frentes frias), que podem influenciar no empilhamento das águas na desembocadura, causando remobilização dos sedimentos e migração dos canais. Nas campanhas de 3 a 7 (inverno), observamos como as baixas taxas pluviométricas, abaixo das médias históricas para a região, junto com as fortes ondulações incidentes e da ação dos ventos, que possuem maior intensidade nessa época, além das marés de sizígia, contribuíram para o empilhamento das águas na região costeira, movimentando o canal principal do rio Itaguapé, causando erosão da paleopraia ao Norte da desembocadura. A partir da campanha 8 inicia-se o período chuvoso em Bertioga, onde pudemos observar altas taxas pluviométricas, aumentando a vazão do rio e conseqüentemente a quantidade de sedimentos de origem fluvial, modificando a morfologia praial e causando a migração da desembocadura.

A dinâmica morfológica da desembocadura foi o fator de maior importância nas distribuições das populações analisadas. Nos perfis 1 e 3 foram encontradas galerias de *Spionidae* em todas as campanhas realizadas, pois são pontos que estão sujeitos a maior deposição de sedimentos lamosos provenientes do ambiente fluvial, favorecendo a permanência da espécie. No perfil 3 esses poliquetas somente foram encontrados nos metros iniciais do perfil, por conta de fatores como menor tempo de exposição à dessecação e maior concentração de sedimentos lamosos. No perfil 2, os poliquetas somente foram encontrados nas duas campanhas onde houve a presença de lama nas amostras. Estes mesmos fatores não permitiram o estabelecimento de *Leptuca* spp., *D. cuprea*, *T. plebeius* e *C. major* nestas áreas, evidenciando que a granulometria é um fator de grande importância na distribuição destas populações. No perfil 3 somente foram encontrados os crustáceos *Leptuca* spp. nos metros finais do perfil, pelo fato de ser uma área com maior declividade que estava sujeita a maior

tempo de exposição à dessecação, as análises granulométricas indicaram somente a presença de sedimentos arenosos nessa área, o que favoreceu o estabelecimento desta espécie.

No perfil 2 foram encontradas todas as espécies durante as primeiras coletas realizadas, porém a alta dinâmica atuante, intensificada pelo início da estação invernal, causou a remobilização do sedimento e movimentação dos canais e barras, levando a supressão dos indivíduos presentes neste perfil, que tiveram uma maior dificuldade para se reestabelecer novamente no local nas campanhas posteriores. Isto demonstra a importância da movimentação da desembocadura na dinâmica populacional das espécies. As espécies *D. cuprea*, *T. plebeius* e *C. major* tiveram a maior ocorrência neste perfil em comparação aos outros, provavelmente pelo fato de ser um ambiente sujeito a maior dinâmica morfológica, que pode favorecer o estabelecimento dessas espécies. Porém estes eventos de alta energia como a passagem de tempestades (frentes frias) podem afetar a colonização e distribuição da infauna, remobilizando os organismos e permitindo que se estabeleçam em novas áreas. A salinidade se mostrou um fator de igual influência nos três perfis de coleta, não sendo possível demonstrar sua ação nos padrões de distribuição dos organismos analisados.

A compreensão da relação dos organismos com o ambiente em que vivem e os processos atuantes que influenciam em suas dinâmicas, nas diversas escalas de tempo, é de grande importância para embasar processos de preservação e conservação do ambiente como um todo. O presente trabalho demonstrou a relação entre os processos morfodinâmicos da desembocadura do rio Itaguapé e os organismos bentônicos da infauna, de modo que, eventos de curto e médio prazo capazes de alterar a morfologia local, como fortes tempestades e a precipitação podem causar efeitos significativos na distribuição destes organismos em seu habitat.

REFERÊNCIAS

ABIB, M. C. S. **Estudo da morfodinâmica da Praia de Itaguapé, Bertioxa – SP entre outubro de 2009 e junho de 2011.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista - UNESP, São Vicente, 2011.

ABRAHÃO, J. R.; CARDOSO, R. S.; YOKOYAMA, L. Q. & AMARAL, A. C. Z. Population biology and secondary production of the stout razor clam *Tagelus plebeius* (Bivalvia, Solecurtidae) on a sandflat in southeastern Brazil. **Zoologia** (Curitiba), **27**(1): 54-64, 2010.

AFONSO, C. M. **A paisagem da Baixada Santista: urbanização, transformação e conservação.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: FAPESP, 2006.

ALONGI, D. M. & CHRISTOFFERSEN, P. Benthic infauna and organism-sediment relations in a shallow, tropical coastal area: influence of outwelled mangrove detritus and physical disturbance. **Marine Ecology Progress Series**, p. 229-245, 1992.

AMARAL, A. C. Z. Ecologia e contribuição dos anelídeos poliquetos para a biomassa bêntica da zona das marés, no litoral norte do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Oceanográfico**. São Paulo 28: 1–52, 1979.

AMARAL, A. C. Z. *et al.* A situação de ameaça dos invertebrados aquáticos no Brasil. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** (ABM Machado, GM Drummond & AP Paglia, orgs). Ministério do Meio Ambiente-MMA, Brasília (DF), v. 1, p. 156-351, 2008.

AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H.; STEINER, T. M.; FORRONI, T. O. & FILHO, D. C. **Catálogo das espécies de Annelida Polychaeta do Brasil.** Campinas, Unicamp, 183p. 2013.

ARRUDA, E. P.; DOMANESCHI, O. & AMARAL, A. C. Z. Mollusc feeding guilds on sandy beaches in São Paulo State, Brazil. **Marine Biology**, **143**(4): p. 691-701, 2003.

BARALDO, K. B. **Caracterização e comparação dos estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba (Bertioxa, SP) com base nos parâmetros geo-físico-químicos, batimetria e**

imageamento do fundo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências Universidade Estadual Paulista, 2018. 99p.

BASCOM, W. N. The relationship between sand size and beach-face slope. **Transactions, American Geophysical Union**, **32(6)**: 866-74, 1951.

BAUCON, A. & FELLETTI, F. Neoichnology of a barrier-island system: The Mula di Muggia (Grado lagoon, Italy). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, **375**: 112-124, 2013.

BEMVENUTI, C. E. Unvegetated intertidal flats and subtidal bottoms. **Subtropical convergence marine ecosystem.** The coast and the sea in the warm temperate southwestern atlantic, Springer Verlag, Heidelberg, p. 78-82, 1997.

BERTIOGA. **Plano de saneamento básico do município de Bertioiga.** Estância Balneária do Estado de São Paulo, Bertioiga. 2017. Disponível em: <http://www.bertioiga.sp.gov.br/wp-content/uploads/2017/11/PLANO-MUNICIPAL-DE-SANEAMENTO.pdf>. Acesso em: 13/09/2019.

BEUKEMA, J. J.; CADÉE, G. C. & DEKKER, R. Zoobenthic biomass limited by phytoplankton abundance: evidence from parallel changes in two long-term data series in the Wadden Sea. **Journal of Sea Research**, **48(2)**: 111-125, 2002.

CAMERON, W. M. & PRITCHARD, D. W. Estuaries. *In*: HILL, M. N. (Ed.) **The Sea**, 2. New York: John Wiley & Sons. p. 306-324. 1963.

CAPEL, K. C. C. **Estudo morfodinâmico da Praia de Itaguapé, Bertioiga – SP entre fevereiro e setembro de 2009.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista - UNESP, São Vicente. 2009.

CARDOSO, J. F. M. F.; WITTE, J. I. J. & VAN DER VEER, H.W. Habitat related growth and reproductive investment in estuarine waters, illustrated for the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) in the western Dutch Wadden Sea. **Marine Biology** **152**: 1271-1282. 2007.

CARMICHAEL, R. H.; SHRIVER, A. C. & VALIELA, I. Changes in shell and soft tissue growth, tissue composition, and survival of quahogs, *Mercenaria mercenaria*, and

softshell clams, *Mya arenaria*, in response to eutrophic-driven changes in food supply and habitat. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, **313**(1): 75-104, 2004.

CHRISTIE, M. C.; DYER, K. R. & TURNER, P. Sediment flux and bed level measurements from a macro tidal mudflat. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 49: 667–688, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2^a Edição. 188 p. 1980.

CORBISIER, T. N. Benthic macrofauna of sandy intertidal zone at Santos estuarine system, São Paulo, Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, **39**(1): 01-13, 1991.

CRANE, J. **Fiddler crabs of the world: Ocypodidae: genus *Uca***. Princeton University Press, 1975.

DAEE. Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. 2019. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/>. Acesso em: 03/11/2019.

DAUER D. M. Functional morphology and feeding behavior of *Scolelepis squamata* (Polychaeta: Spionidae). **Marine Biology**. 77: 279–285, 1983.

DAY, J. W. **Estuarine ecology**. John Wiley & Sons, 1989.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Universidade do Algarve. *E-Books*, 2004

DYER, K. R. **Estuaries: a physical introduction**. 2. ed. Chichester: John Wiley, 1997. p. 195, 1997.

EVAN, O. F. Sorting and transportation of material in the swash and backwash. **Journal of Sedimentary Petrology**. Oklahoma, **9**(1): 28-31, 1939.

FELDER, D. L. Osmotic and ionic regulation in several western atlantic callinassidae (crustacea, decapoda, thalassinidea). **The Biological Bulletin**, **154**(1): 409-429. 1978.

FLORENZANO, T. G. (Org) Ambientes Costeiros. *In: Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo, Oficina de Textos, pp. 318. 2008.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, **27**(1): 3-27, 1957.

FONSECA, D. & D'INCAO, F. Mortality of *Kalliapseudes schubartii* in unvegetated soft bottoms of the estuarine region of the Lagoa dos Patos. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 257-261, 2006.

FONTES, R. F. C; OLIVEIRA, A. J. F. C. & PINHEIRO, M. A. A. **Visão didática sobre o meio ambiente na Baixada Santista**. 1ª edição, 182p. 2008.

FRANKENBERG, D & SMITH, K. L. Coprophagy in marine animals. **Limnology and Oceanography**, **12**(3): 443-450, 1967.

FUIMAN, L. A.; GAGE, J. D. & LAMONT, P. A. Shell morphometry of the deep sea protobranch bivalve *Ledella pustulosa* in the Rockall Trough, north-east Atlantic. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, **79**(4): 661-671, 1999.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar**. São Paulo, 2018.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano Emergencial de Uso Pública do Parque Estadual da Restinga de Bertioga**. São Paulo, 2014.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G. & NICOLODI, J. L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. 2003.

GUEDES, C. C. F.; RIBAU, V. M.; GIANNINI, P. C. F.; SAWAKUCHI, A. O.; NOGUEIRA, L. & BUCHMANN, F. S. Idades de deposição dos sedimentos da falésia de Itaguapé (Bertioga - SP) determinadas por luminescência opticamente estimulada. **Quaternary and Environmental Geosciences**, **8**(2): 9–16, 2017.

GUTU, M. The synoptic table and key to superspecific taxa of recent Apseudomorpha (Crustacea, Tanaidacea). **Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle, Grigore Antipa**, 36: 135-146, 1996.

HOEFEL, F. **Morfodinâmica das praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Univali, Itajaí – SC. 93 p. 1998.

HOLDICH, D. H. & JONES, J. A. The distribution and ecology of British shallow-water tanaid crustaceans (Peracarida, Tanaidacea). **Journal of Natural History**, **17**(2): p. 157-183. 1993.

HOLLAND, A. F. & DEAN, J. M. The biology of the stout razor clam *Tagelus plebeius*: I. Animal-sediment relationships, feeding mechanism, and community biology. **Chesapeake Science**, **18**(1): 58-66, 1977.a

HOLLAND, A. F. & DEAN, J. M. The biology of the stout razor clam *Tagelus plebeius*: II. Some aspects of the population dynamics. **Chesapeake Science**, **18**(2): 188-196, 1977.b

HONKOOOP, P. J. C. & BEUKEMA, J. J. Loss of body mass in winter in three intertidal bivalve species: an experimental and observational study of the interacting effects between water temperature, feeding time and feeding behavior. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, **212**(2): 277-297, 1997.

KOMAR, P. D. **Beaches processes and sedimentation**. 2a Ed. USA: Prentice Hall Inc, 1998.

KRISTENSEN, E. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. **Journal of Sea Research**, **59**: 30-43, 2008.

LARA, O. A. M. & ZAMORA, J. A. V. Estructura del macrobentos del estero de Jaltepeque, El Salvador. **Revista de Biología Tropical**, **42**(1-2): 165-174, 1994.

LAURINO I. R. A. **Comparação entre a densidade populacional de *Callichirus major* (Say, 1818) na praia do José Menino (Santos, SP) e na praia de Itaguapé (Bertioga, SP)**. 49p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Campus Experimental do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente (SP), 2011.

LEITE, F. P. P.; TURRA, A. & SOUZA, E. C. F. Population biology and distribution of the tanaid *Kalliapseudes schubarti* Mañé-Garzon, 1949, in an intertidal flat in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, **63**(3): 469-479, 2003.

LEVIN, L. A. *et al.* The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. **Ecosystems**, **4**(5): 430-451, 2001.

LOPES, E. A. **Formações florestais de planície costeira e baixa encosta e sua relação com o substrato geológico das bacias dos rios Itaguapé e Guaratuba (Bertioga, SP).** São Paulo, 123p. Dissertação de mestrado em Biodiversidade Vegetal e meio Ambiente. Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007.

MAGNUM, C. P.; SANTOS, S. L. & RHODES JR, W. R. Distribution and feeding in the onuphid polychaete *Diopatra cuprea*. **Marine Biology**, 21: 33-40, 1968.

MANÉ-GARZÓN, F. **Un nuevo Tanaidaceo ciego de sud América, *Kalliapseudes schubartii*, nov. sp.** El Siglo Ilustr., 1949.

McLUSKY, D. S. & ELLIOT, M. 2004. **The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management.** New York: Oxford University Press Inc., 214 p. 2004

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro.** São Paulo: Editora Plêiade, 1996.

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos crustacea decapoda do litoral brasileiro: anomura, thalassinidea, palinuridea, astacidea.** São Paulo: Ed. Plêiade/FAPESP, 551 p. 1999.

MENEZES, M. O. T. **Análise do crescimento das florestas de mangue da planície flúvio-marinha do rio Pacoti, Ceará, entre os anos de 1958 e 2004.** Monografia apresentada no curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Ceará. 2006.

MESQUITA, A. R. & HARARI, J. Tides and tide Gauges of Cananéia and Ubatuba - Brazil (lat, 24°). São Paulo, 11: 1-14, 1983.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. & KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários.** Edusp. 417 p. São Paulo, 2002.

MOUTON, E. C. & FELDER, D. L. Reproduction of the fiddler crabs *Uca longisignalis* and *Uca spinicarpa* in a Gulf of Mexico salt marsh. **Estuaries and Coasts**, 18(3): 469-481, 1995.

MUEHE, D. C. E. H. **Erosão e progradação do litoral brasileiro.** Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MYERS, A. C. Tube-worm-sediment relationships of *Diopatra cuprea* (Polychaeta: Onuphidae). **Marine Biology**, **17**(4): 350-356, 1972.

NEWELL, C. R. & HIDU, H. The effects of sediment type on growth rate and shell allometry in the soft shelled clam *Mya arenaria* L. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, **65**(3): 285-295, 1982.

NUCCI, P. R.; TURRA, A. & MORGADO, E. H. Diversity and distribution of crustaceans from 13 sheltered sandy beaches along São Sebastião channel, south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, **81**(3):. 475-484, 2001.

OLIVEIRA, B. J. **Aerofotogrametria no estudo da morfodinâmica do rio Itaguapé em Bertioga - SP**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, São Vicente, 2018.

PEREIRA D. S. **Análise da dinâmica hídrica nas unidades geológico-geomorfológicas quaternárias (UQ) da bacia do rio Guaratuba, Bertioga (SP)**. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

PETERSON, C. H. Intertidal zonation of marine invertebrates in sand and mud. **American Scientist**, **79**(3): 236-249, 1991.

POSEY, M. H. Changes in a benthic community associated with dense beds of a burrowing deposit feeder, *Callianassa californiensis*. **Marine Ecology Progress Series**, p. 15-22, 1986.

QURESHI, N. A. & SAHER U. Burrow morphology of three species of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Pakistan. **Belgian Journal of Zoology**, 142: 114-126, 2012.

RAFAELLI, D. & HAWKINS, S. J. **Intertidal ecology**. Springer Science & Business Media, 2012.

RODIL, I. F.; CIVIDANES, S.; LASTRA, M. & LÓPEZ, J. Seasonal variability in the vertical distribution of benthic macrofauna and sedimentary organic matter in an estuarine beach (NW Spain). **Estuaries and Coasts**, **31**(2): 382-395, 2008.

RODRIGUES, J. C. As bases geológicas. *In: A Baixada Santista - aspectos geográficos*, v. 1: as bases físicas. São Paulo: EDUSP. p. 23-48. 1965.

RODRIGUES, S. A. & SHIMIZU, R. M. Autoecologia de *Callichirus major* (Say, 1818). *Oecologia Brasiliensis*, **3**(1): 155-170, 1997.

RODRIGUES, S. A. **Aspectos da biologia de Thalassinidea do Atlântico Tropical Americano. 1983.** 174 f. Tese (Livre Docência) - Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 1983.

RODRÍGUEZ-TOVAR, F. J.; SEIKE, K. & CURRAN, A. H. Characteristics, distribution patterns, and implications for ichnology of modern burrows of *Uca (Leptuca) speciosa*, San Salvador Island, Bahamas. *Journal of Crustacean Biology*, **34**(5): 565-572, 2014.

ROSA-FILHO, J. S. & BEMVENUTI, C. E. O sedimento como fator limitante para a distribuição de *Kalliapseudes schubartii* Mañé-Garzón, 1949 (Crustacea, Tanaidacea) em fundos moles estuarinos. *Nauplius*, **6**: 119-127, 1998.

ROSÁRIO, G. V. **Parâmetros geo-físico-químicos do Rio Itaguapé, Bertioga-SP. 2010.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista - UNESP, São Vicente, 2010.

ROSSI, M. & MATTOS, I. F. A. Solos de mangue do Estado de São Paulo: caracterização química e física. *Revista do Departamento de Geografia*, **15**: 101-113. 2002.

SALVADOR, L. B.; DOMANESCHI, O.; AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H. & HENRIQUES, S. A. Malacofauna da região entremarés de praias da Ilha de São Sebastião (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, **15**(4): 1013-1035, 1998.

SANDERS, H. L. Benthic Studies in Buzzards Bay. I. Animal-Sediment Relationships. *Limnology and Oceanography*, **3**(3): 245-258, 1958.

SANDERS, H. L. Benthic studies in Buzzards Bay III. The structure of the Soft-bottom Community. *Limnology and Oceanography*, **5**(2): 138-153, 1960.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 156 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1990.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual n. 10.251, de 30 de agosto de 1977**. Cria o Parque Estadual da Serra do Mar e das providências correlatas. São Paulo, 1977. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10251-30.08.1977.html>. Acesso em: 15/09/2019.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual n. 56.500, de 09 de dezembro de 2010**. Cria o Parque Estadual Restinga de Bertioiga e das providências correlatas. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2010/decreto-56500-09.12.2010.html>. Acesso em: 13/09/2019.

SEABRA, C. E. **Correlação espacial entre cordões arenosos cenozoicos utilizando parâmetros granulométricos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012.

SHIMABUKURO, M. **Comunidades de Polychaeta (Annelida) da plataforma continental ao largo de Santos, SP: Composição, distribuição e estrutura trófica**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011.

SHORT, A. D. **Beaches of the New South Wales Coast**. A guide to their nature, characteristics, surf and safety. Australian beach safety and management program. 2006.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S. & OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. Ed. Holos, Ribeirão Preto, 378 p. 2005.

SOUZA, J. R. B. & BORZONE, C. A. Distribuição de callianassídeos (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea) em praias do litoral paranaense, com especial referência a *Callichirus major* (Say). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, **39**(3): 553-565, 1996.

SOUZA, J. R. B. & BORZONE, C. A. Population dynamics and secondary production of *Scolelepis squamata* (Polychaeta: *Spionidae*) in an exposed sandy beach of southern Brazil. **Bulletin of Marine Science**, **67**(1): 221-233, 2000.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. Quaternary marine formation of the states of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, **Special Publ.**, p. 55, 1978.

TEAL, J. M. Distribution of fiddler crabs in Georgia salt marshes. **Ecology**, 39: 185-193 1958.

TESSLER, M. G. & GOYA, S. C. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, Universidade de São Paulo, 17: 11–23, 2012.

TRAVALINI V. **Zoneamento geoambiental do município de Bertioga/SP**. 173 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro, 2012.

UCHIYAMA, Y. Hydrodynamics and associated morphological variations on an estuarine intertidal sand flat. **Journal of Coastal Research**, 23(4): 1015-1027, 2007.

VILLWOCK, J. A. A costa brasileira: geologia e evolução. **Notas Técnicas**, 7: 38-49, 1994.