



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

MARIANY FERREIRA DE SOUSA

EROSÃO COSTEIRA DA PRAIA DO IGUAPE: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

FORTALEZA

2018

MARIANY FERREIRA DE SOUSA

EROSÃO COSTEIRA DA PRAIA DO IGUAPE: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Profa. Dra. Lidriana Pinheiro
Co-orientador : Dr. Francisco Gleidson da Costa Gastão

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S697e Sousa, Mariany Ferreira de.
Erosão Costeira da Praia do Iguape : Desafios e Perspectivas / Mariany Ferreira de
Sousa. – 2019.
80 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto
de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.
Coorientação: Prof. Dr. Francisco Gleidson da Costa Gastão.

1. Erosão costeira. 2. Linha de costa. 3. Ocupação. I. Título.

CDD 551.46

MARIANY FERREIRA DE SOUSA

EROSÃO COSTEIRA DA PRAIA DO IGUAPE: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Maria Ozilea Bezerra Menezes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Eduardo Lacerda Barros
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus,
A minha família,
e a todos me ajudaram nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família, que sempre acreditou em mim, nos meus sonhos e objetivos, nunca questionando e sempre respeitando minhas decisões. Também a minha Mãe Rose, meu Pai Augusto e a Avó Maria que sempre tiveram orgulho de mim e sempre fizeram o máximo para garantir minha educação mesmo em momentos de dificuldades. Agradeço também a minha irmã Marina por sempre me incentivar e dizer que sou capaz, a minha tia Lucia por acreditar no meu potencial e a minha prima Luana por estar sempre presente. Ao Lucas que passou grande parte dessa jornada não me deixando desistir e me incentivando a ser melhor cada dia.

A minha orientadora, Prof. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro, que além de grande profissional, sempre se esforçou para transmitir seu conhecimento da melhor maneira, por todas as boas ideias e por estar sempre disposta a ajudar.

Ao meu co-orientador, Gleidson, pela paciência. Muito obrigada por ter me ajudado a concluir esse e os tantos outros trabalhos que fizemos juntos e a sempre ser eficaz e solícito.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica – LOG do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, pela ajuda integral e a disponibilização do suporte para realização das análises, em especial para Cida e Mônica pela disponibilidade em me ajudar e paciência no decorrer do aprendizado.

Aos tutores do Programa de Educação Tutorial – PET Oceanografia, em especial à profa. Dra. Maria Ozilea Bezerra por me acompanhar de perto e me proporcionar uma oportunidade única de desenvolvimento pessoal e acadêmico e a sempre estar disposta a ajudar qualquer que seja a hora do dia.

Agradeço a todos aos professores do Instituto de Ciências do Mar pelo conhecimento transmitido durante esses 4 anos e a dedicação para que pudéssemos aproveitar o melhor da universidade sempre.

Aos meus amigos do “Seu Hernand’s pub”: Juliana, Grazielle, Steffany, Hildebrando, Matheus, Iago, Davi e Tia e Tio que me acompanham desde a época do colégio e estão sempre prontos para dar palavras de motivação durante a madrugada.

E aqueles que são mais que especiais e que sempre pude contar para tudo e sei que sempre estarão presentes em minha vida meus irmãos de coração Maylane, Alice, Athayde, Vanessal, Gabrielle, Bruno, Juliana Cipolla.

A Jhenifer, por comprar minhas ideias loucas de viagens e por ser minha dupla de sempre, além de ter sempre os melhores conselhos.

Ao Rene, que sempre que tinha um sanduiche do azilados e um abraço para me dar forças para escrever quando tudo parecia estar dando errado.

Aos meus amigos que conheci durante o curso e que se tornaram muito importantes: Rute, Rebecca, Celiane, Gabriel, Mariana, Andrezza, Jonathan, Victor, Oscar, Derley, Letícia e Regimário.

Por fim, agradeço ao NpaOc Amazonas e ao projeto PROTRINDADE pela primeira e melhor experiência de embarque da minha vida.

Os meus mais sinceros agradecimentos a todos.

Há uma crença popular entre os antropólogos que diz que você deve mergulhar em um mundo desconhecido a fim de compreender verdadeiramente o seu próprio (O diário de uma babá).

RESUMO

O crescimento da ocupação de áreas costeiras acarreta diversos problemas que são refletidos no próprio ambiente, como por exemplo a erosão costeira. O controle da expansão urbana para preservação desse ambiente é imprescindível, pois essa região está incluída entre as mais dinâmicas do planeta. O Estado do Ceará possui uma extensão de 573 km de linha de costa que vem sofrendo processos erosivos extensivos. Devido a essa grande extensão algumas das principais atividades econômicas são voltadas ao uso do litoral, como na praia do Iguape, localizada a 30 km de Fortaleza no município de Aquiraz, litoral leste do Estado do Ceará. A ocupação e urbanização por meio do turismo e da construção de casas de veraneio causaram alterações na dinâmica do transporte de sedimentos provenientes do campo de dunas e à faixa de praia. À vista disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar os trechos de evolução do recuo da linha de costa e caracterizar a erosão costeira da Praia do Iguape, região metropolitana de Fortaleza e os impactos associados. A metodologia consistiu no levantamento bibliográfico e saídas de campo. Foi efetuada a aquisição de imagens de satélite do Google Earth Pro para análise da variação espaço-temporal da linha de costa através da extensão DSAS 3.2 no intervalo de 2011 a 2018. Enquanto que o monitoramento a curto prazo ocorreu no mês de outubro de 2018, onde foram coletados dados do posicionamento da linha de costa de 2018 através de caminhamento com RTK, amostras de sedimento e foram feitos 12 perfis praias com o uso do RTK. A partir da análise de variação da linha de costa foi possível determinar as taxas de variação em metros por ano na praia do Iguape, além disso pôde-se realizar a caracterização sedimentológica através de morfoscopia e análise granulométrica. O local de estudo foi dividido em dois setores, setor 1, localizado a barlamar da desembocadura do riacho do Iguape, integrando parte da enseada formada a partir do promontório; e setor 2 localizado a oeste da desembocadura. No período de 2011 a 2018 foi observada uma erosão de -26,53 m em 7 anos no setor 1 e -52,08 m em 7 anos no setor 2 localizado a oeste do riacho do Iguape. Além disso, a partir da análise sedimentológica pôde-se verificar que os sedimentos que compõe a praia são provenientes principalmente do transporte eólico e da região subaquática. A partir da análise do uso e ocupação da pôde-se verificar uma diminuição na área ocupada associada a destruição das residências, 28 casas no total foram perdidas na região de pós-praia durante os anos de 2011 a 2017. A partir dos resultados obtidos foi possível constatar que o recuo da linha de costa não está associado apenas ao aumento do nível do mar, mas também ao aumento da ocupação indevida que possui influência direta na dinâmica costeira do local.

Palavras-chave: Erosão costeira. Linha de costa. Ocupação.

ABSTRACT

The growth of the occupation of coastal areas causes several problems that are reflected in the own environment, as for example the coastal erosion. The control of the urban expansion to preserve this environment is essential, since this region is included among the most dynamic of the planet. The State of Ceará has an extension of 573 km of coastline that has undergone extensive erosive processes. Due to this great extension some of the main economic activities are directed to the use of the coast, as in Iguape beach, located 30 km from Fortaleza in the municipality of Aquiraz, east coast of the State of Ceará. The occupation and urbanization through tourism and the construction of summer houses caused changes in the dynamics of sediment transport coming from the dune field and the beach strip. In view of this, the present work has the objective of analyzing the stretches of coastline retreat and characterizing the coastal erosion of Iguape Beach, metropolitan region of Fortaleza and associated impacts. The methodology consisted of the bibliographical survey and field exits. The acquisition of satellite imagery of Google Earth Pro was performed to analyze the space-time variation of the coastline through the extension DSAS 3.2 in the interval of 2011 to 2018. While the short-term monitoring occurred in the month of October 2018, where data from the position of the coast line of 2018 were collected through RTK trawling, sediment samples and 12 beach profiles were made using RTK. From the analysis of the variation of the coastline, it was possible to determine the rates of variation in meters per year in the Iguape beach, in addition it was possible to perform the sedimentological characterization through morphoscopy and granulometric analysis. The study site was divided into two sectors, sector 1, located at the mouth of the mouth of the Iguape Creek, integrating part of the cove formed from the promontory; and sector 2 located to the west of the mouth. In the period from 2011 to 2018 an erosion of -26.53 m was observed in 7 years in sector 1 and -52.08 m in 7 years in sector 2 located west of the Iguape Creek. Furthermore, from the sedimentological analysis it was possible to verify that the sediments that compose the beach come mainly from the wind transport and the underwater region. Based on the analysis of the use and occupation of the area, it was possible to observe a decrease in the occupied area associated with the destruction of the residences, 28 houses in total were lost in the post-beach region during the years 2011 to 2017. From the results obtained was it is possible to verify that the coastline retreat is not only associated with sea level rise but also with the increase in undue occupation that has a direct influence on the coastal dynamics of the site.

Keywords: Coastal erosion. Coastline. Occupation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais subdivisões morfológicas da praia.....	20
Figura 2: Mapa de Localização da Praia do Iguape, Aquiraz, Ceará.	26
Figura 3: Refração da onda e adaptação ao fundo marinho e aos obstáculos naturais do promontório na praia do Iguape.	29
Figura 4: Inflexão da onda ao atingir o promontório ocorrendo a difração da onda.	30
Figura 5: Mapa da distribuição geográfica dos perfis.....	32
Figura 6: Instalação da base do RTK.....	33
Figura 7: Aquisição de dados topográficos a partir de Estação Total.	33
Figura 8: Linha de costa de 2018 delimitada pela região de berma.....	35
Figura 9: Fluxograma das etapas de análise granulométrica.....	39
Figura 10: Divisão da área de estudo.....	44
Figura 11: Variação Sazonal da Desembocadura do Riacho do Iguape.....	45
Figura 12: Linha de costa da Praia do Iguape, Aquiraz na área dois nos anos de 2011, 2013, 2014, 2018.	47
Figura 13: Linha de costa da Praia do Iguape, Aquiraz na área dois nos anos de 2011, 2013, 2014, 2018.	50
Figura 14: a) e b) Face de avalanche indicando estado erosivo.....	51
Figura 15: Altimetria da área de estudo.	52
Figura 28: Localização atual da berma e antiga localização da barraca de praia.	68
Figura 29: Medidas protetivas contra o avanço do mar realizadas por moradores	69
Figura 30: Mapa de uso e ocupação da Praia do Iguape-CE em 2011.....	70
Figura 31: Mapa de uso e ocupação da Praia do Iguape-CE em 2017.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva da maré do dia 08/10/2018, de 8 às 14 horas, e equação para a correção do levantamento do Perfil 2.	42
Gráfico 2: Comparação entre os dados dos métodos do nivelamento trigonométrico (Estação Total) e Posicionamento Relativo (RTK) para o Perfil 2.	43
Gráfico 3: Taxas de variação da linha de costa na área 1 entre os anos de 2011, 2013, 2014, 2018.....	48
Gráfico 4: Taxas de variação da linha de costa na área 2 entre os anos de 2011, 2013, 2014, 2018.....	50
Gráfico 5: Perfil morfológico nº 1.....	54
Gráfico 6: Perfil morfológico Nº 2.	55
Gráfico 7: Perfil morfológico Nº 3.	55
Gráfico 8: Perfil morfológico Nº 4.	56
Gráfico 9: Perfil morfológico Nº 5.	56
Gráfico 10: Perfil morfológico Nº 6.	57
Gráfico 11: Perfil morfológico Nº 7.	57
Gráfico 12: Perfil morfológico Nº 8.	58
Gráfico 13: Perfil morfológico Nº 9.	58
Gráfico 14: Perfil morfológico Nº 10.	59
Gráfico 15: Perfil morfológico Nº 11.	60
Gráfico 16: Perfil morfológico Nº 12.	60
Gráfico 17: Gráficos de distribuição de frequências relacionadas a graus de esfericidade e arredondamento ao longo dos 12 perfis.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de coordenadas dos perfis (RTK)	35
Tabela 2: Classificação de acordo com os graus de arredondamento e esfericidade.....	62

LISTAS DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

DHN	Diretória de Hidrografia e Navegação
DSAS	Digital Shoreline Analysis System
EPR	End Point Rate
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LC	Linha de Costa
LOG	Laboratório de Oceanografia Geológica
RTK	Real Time Kinematic
RBMC	Real Time Kinematic
SAG	Sistema de Análise Granulométrica
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Ambiente praial	20
3.1.1 Dunas	21
3.1.2 Cordões arenosos	22
3.1.3 Linha de costa	22
3.2 Dinâmica costeira	23
3.2.1 Regime de ventos	23
3.2.2 Regime de marés	23
3.2.3 Regime de ondas.....	24
3.2.4 Regime de correntes	24
3.3 Erosão Costeira	24
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	25
4.2 Aspectos Meteoceanográficos	27
4.3 Aspectos oceanográficos	28
4.3.1 Ondas	28
4.3.2 Marés.....	30
5 METODOLOGIA.....	31
5.1 Etapa inicial.....	31
5.2 Etapa de campo.....	31
5.2.1 Perfis topográficos	32
Fonte: Eduardo Lacerda (2018).....	33
.5.2.2 Delimitação da linha de costa	33
5.2.3 Coleta de sedimentos	36
5.4 Etapa de laboratório.....	36
5.4.1 Análise granulométrica	36

5.4.2 Parâmetros estatísticos granulométricos	36
5.4.3 Morfoscopia dos sedimentos	40
5.5 Etapa de gabinete	40
5.5.1 Análise de variação da linha de costa	40
5.5.2 Processamento de dados topográficos.....	41
5.5.3 Validação do uso de dados RTK para o levantamento dos perfis de praia ...	41
5.5.4 Mapeamento do uso e ocupação da praia do Iguape.....	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1 Análise multitemporal da variação da linha de costa.	44
6.1.1 Setor 1	46
6.1.2 Setor 2	49
6.2 Caracterização morfológica e sedimentológica da praia do Iguape.....	51
6.3 Influências aos processos erosivos na praia do Iguape.....	67
6.3.1 Interferência antrópicas nos processos erosivos	67
8 REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da ocupação de áreas costeiras acarreta diversos problemas que são refletidos no próprio ambiente, como por exemplo a erosão costeira. Segundo Marino (2016) o crescimento populacional cada vez mais próximo à linha de costa, vem desequilibrando a dinâmica costeira, impedindo o processo natural de retirada e reposição de sedimentos, intensificando processos erosivos.

O controle da expansão urbana para preservação desse ambiente é imprescindível, pois essa região está incluída entre as mais dinâmicas do planeta. Além disso esse é um espaço singular para o desenvolvimento da sociedade possibilitando comunicação, comércio, lazer e constituindo, historicamente, o portão de entrada de novos hábitos sociais, culturais, econômicos e ambientais (PAULA, 2012).

Além dos impactos antrópicos a zona costeira também está sujeita aos processos naturais e relacionados às mudanças climáticas, como o aumento do nível do mar, além da ocorrência de eventos extremos. Conforme Nicoladi & Petermann (2010) as previsões relacionadas às mudanças climáticas sugerem um aumento da intensidade e frequência de eventos extremos gerando uma maior preocupação com essa área.

Na zona costeira, as praias se comportam como uma barreira protetora, pois a energia que chega proveniente do oceano é dissipada. Assim, elas atuam como uma zona tampão (MALMANN & ARAUJO, 2010).

O Estado do Ceará possui uma extensão de 573 km de linha de costa que vem sofrendo processos erosivos extensivos (MORAIS et al., 2018). Dessa forma algumas das principais atividades econômicas são voltadas ao uso do litoral, como na praia do Iguape, localizada a 30 km de Fortaleza no município de Aquiraz, litoral leste do Estado do Ceará.

Essa região vem sofrendo as consequências da expansão urbana. Segundo estudos realizados por Pinheiro (2001), Oliveira (2009), Abreu (2013), Paula (2015) e Sousa et al. (2015) esta localidade se mostra bastante sensível aos processos de erosão costeira, o que interfere de forma imediata no uso potencial desses ambientes.

Além disso, em praias constituídas por promontórios, caso da área de estudo, o balanço sedimentar é bastante influenciado pelo *bypass* de sedimentos e a expansão da urbanização nessas áreas potencializa a vulnerabilidade a erosão costeira, pois ela impede o transpasse de sedimentos da duna e o abastecimento da faixa de praia, contexto este que justifica a escolha dessa região para realização do trabalho, pois o local apresenta grande extensão de ocupação indevida tanto no campo de dunas e promontório como na região de pós-praia.

O estudo da erosão costeira é de extrema importância para que haja o entendimento da morfodinâmica local, já que é notável que há uma tendência geral de avanço do mar no litoral do estado do Ceará que ocasiona destruição de edificações costeiras afetando assim a economia (FARIAS & MAIA, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a evolução da linha de costa, os processos erosivos e os impactos associados na Praia do Iguape, Região Metropolitana de Fortaleza.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a evolução da linha de costa na praia do Iguape entre 2011-2018;
- Caracterizar a morfologia da praia, a fim de entender a influência dos processos de sedimentação neste setor da faixa de praia;
- Entender a influência de um promontório e as interferências antrópicas nos processos de erosão da faixa de praia.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

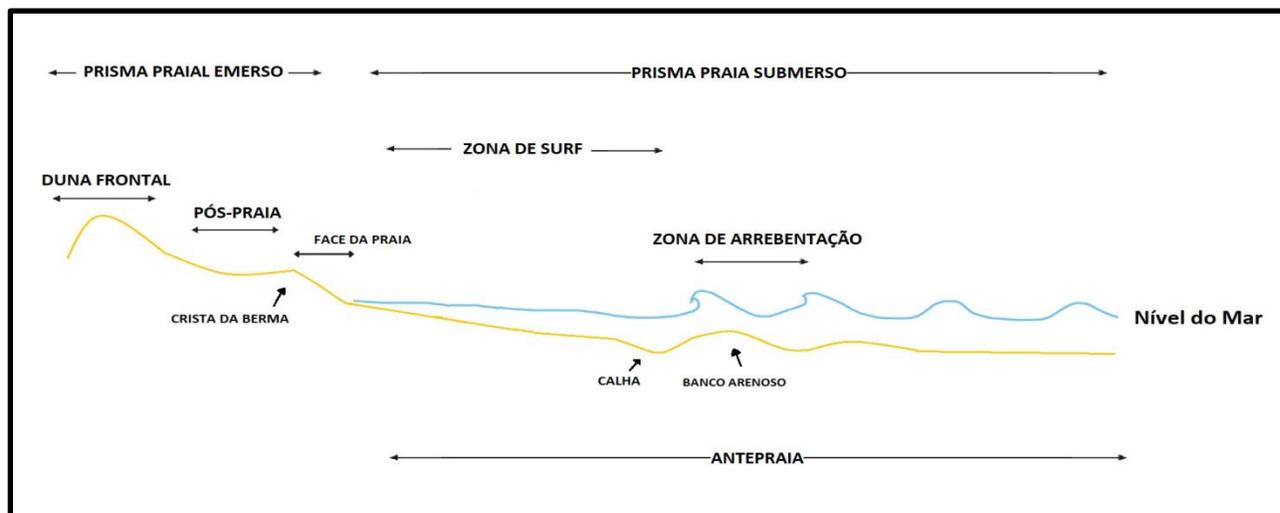
3.1 Ambiente praial

O ambiente praial compreende as praias e toda sua compartimentação morfológica. São formadas pelo acúmulo de sedimentos, normalmente arenosos (SHORT, 1999).

Segundo Neto et al. (2004), essas regiões refletem o agente modificador predominante no caso de ondas e maré e os atributos dos sedimentos em que são compostas, principalmente granulometria.

A praia é dividida em diferentes setores (Figura 1) que definem seu comportamento morfodinâmico (NETO, 2004). Alguns dos elementos são: prisma praial emerso (inclui face da praia, zona de pós-praia e a região da berma), prisma praial submerso (inclui a zona de surf, estirâncio, calhas e bancos arenosos) e campos de dunas (NETO, 2004).

Figura 1: Principais subdivisões morfológicas da praia.



Fonte: NETO (2004).

A face da praia, de acordo com o mesmo autor é a zona lavada pelas ondas durante a subida e descida das marés, sendo assim uma zona bastante ativa.

A pós-praia se estende desde a crista da berma até o início dos corpos dunares, falésia, linha de vegetação, entre outras (SHORT, 1999). São inundadas somente nos eventos de alta energia.

As bermas são feições de acreção, sendo resultado de acumulação de sedimentos devido a ação das ondas paralelamente ao litoral, o topo da berma é normalmente o ponto mais alto da praia (GARRISON, 2010).

O prisma praial submerso se trata dos compartimentos que são lavados dependendo da subida e descida das marés.

A zona de surfe está compreendida entre a primeira linha de arrebenção das ondas até o local da última quebra das ondas sobre a face de praia, sendo caracterizada por movimentos de correntes e ondas formando uma complexa mistura (SHORT, 1999).

O estirâncio inclui a zona entre o nível do mar na preamar de sizígia até o nível da baixa-mar de sizígia, também chamada de zona intermaré (SOUZA, 2005)

As calhas longitudinais estão localizadas abaixo da linha de maré baixa, e trata-se de acordo com Garrison (2010) do resultado da escavação resultante de correntes longitudinais e ação das ondas. Ainda de segundo o mesmo autor os bancos arenosos se tratam de acumulações de areia que podem estar expostas ou não.

A zona de antepraia, pode ser dividida em três partes: a zona de surf, limitada pela arrebenção da onda; a zona com baixa taxa de sedimentação, que envolve o trecho até a profundidade de fechamento; e a zona inferior, onde permanece coberta pelas águas permanentemente (MUEHE, 2001).

3.1.1 Dunas

Para dunas eólicas ocorrerem elas requerem locais que apresentem características específicas como por exemplo grande suprimento de sedimento arenoso com granulometria fina, ventos constantes e um local apropriado para a acumulação (SILVA et al., 2005). Segundo o mesmo autor, a morfologia dessas feições irá depender do clima, interação com o meio em que as mesmas estão inseridas.

A duna tem como função, além do fornecimento de areia para o suprimento sedimentar da praia, a proteção da zona costeira pois a mesma serve como um anteparo à entrada de ondas e marés (MAIA, 2014).

As dunas podem ser divididas em móveis, onde estas realizam migração em direção ao continente e podem capear dunas mais antigas, terreno de tabuleiros, etc.; e dunas fixas que são caracterizadas pela presença de cobertura de vegetação e isto controla os efeitos da deflação eólica (MUEHE, 2006).

3.1.2 Cordões arenosos

Os cordões arenosos estão geralmente localizados paralelos à linha de costa sendo formados a partir de três processos: crescimento lateral de pontais, afogamento de praias e dunas costeiras durante eventos de subida do mar e crescimento vertical de barras submarinas Dias (1984, *apud* Silva et al., 2004).

Estas feições interagem com a dinâmica costeira o que resulta em diferente e muito significantes morfologias, geralmente os cordões arenosos podem isolar lagunas costeiras, podendo ou não apresentar comunicação com o oceano (OLIVEIRA, 2009).

3.1.3 Linha de costa

O conceito de linha de costa é bastante variável devido a ser um limite móvel que pode variar tanto espacialmente como temporalmente. Sob um ponto de vista físico, de acordo com Farias (2008), a linha de costa pode corresponder simplesmente à interface entre água e terra. Há uma série de fatores que podem influenciar na posição da linha de costa, como por exemplo, ondas, variações sazonais e alterações antrópicas na zona costeira, assim como as marés, por isso a linha de costa é geralmente definida através de medições no período que representa as condições médias dessa linha (LIU *et al.*, 2014).

Para definição do referencial adequado deve-se considerar o rigor posicional pretendido. O referencial mais utilizado para definição da “linha de costa” a diferenciação entre a areia seca e areia molhada, sendo esse limite mais facilmente identificável em imagens de satélite (CROWELL, 1991). Segundo Kraus & Rosati (1997), a linha de costa

pode ser localizada em função de fatores climáticos e oceanográficos como a linha média das preamares de sizígia, linha de preamar, fronteira seco/molhado, linha da água ou a linha definida por dunas no caso de praias estreitas sem berma.

3.2 Dinâmica costeira

As características do sistema praial são definidas pela interação da energia dos ventos, marés, ondas e correntes com os sedimentos móveis da praia (WRIGHT; SHORT, 1984).

3.2.1 Regime de ventos

Os ventos em conjunto com as variações do nível do mar são responsáveis pelas mudanças geomorfológicas que ocorrem na costa, além de ser responsável pela geração de ondas locais e formação de dunas (TOMAZELLI, 1993).

Ainda segundo o mesmo autor, os ventos influenciam o transporte de sedimentos ao longo da praia, sendo assim um dos agentes responsáveis tanto pela sedimentação como erosão praial.

3.2.2 Regime de marés

As marés são oscilações verticais da superfície do mar, causadas pela atração gravitacional tanto da lua quanto do sol, sendo o segundo em menor extensão (MIGUENS, 1994).

As marés podem ser classificadas de acordo com sua amplitude. De acordo com Davies (1964) elas podem ser classificadas em três tipos: a) micromarés, com amplitude da maré até 2m; b) mesomarés, com amplitude de 2 a 4 m, e c) macromarés, com amplitude maior que 4 m. Segundo Komar (1976), a variação da maré combinada com a ação de ondas influencia a formação de bancos e calhas, aumentando ou diminuindo a largura da zona de surfe.

3.2.3 Regime de ondas

O movimento de energia proveniente de alguma fonte através de certo meio, seja sólido, líquido ou gasoso resultam na formação de ondas (GARRISON, 2010).

Essas ondas quando geradas no oceano ao chegarem na costa tendem a dissipar sua energia. Portanto, esse é considerado o processo marinho com maior efetividade na separação e redistribuição dos sedimentos constituintes do sistema praial (NETO; PONZI; SICHEL, 2004).

O regime de ondas pode ocasionar variações tanto espaciais, resultado do contato das ondas com a topografia e com o tipo de sedimento, como temporais da zona de arrebenção (TOZZI & CALLIARI, 2000).

3.2.4 Regime de correntes

As ondas incidentes na linha de costa podem gerar correntes e ao tomar forma. Um exemplo disso é a componente paralela a praia denominada corrente longitudinal ou deriva litorânea que representa um dos principais agentes de transporte sedimentar dessa região (SHORT, 1999).

Além disso, também podem ser gerados transporte de massa de água costa-adentro, fluxos de retorno; que engloba as correntes de retorno e transporte de parcela de água costa-afora (CERC, 1977).

3.3 Erosão Costeira

De acordo com Souza, et al. (2005) a erosão costeira é um processo que ocorre ao longo da linha de costa, atingindo promontórios, costões rochosos, falésias e praias (erosão praial) modificando-os através da sua ação química e mecânica.

Esse processo pode ocorrer de forma natural decorrente de um balanço sedimentar negativo ou da ação de ventos, ondas e marés que atuam como os principais agentes erosivos da costa. Contudo, existem outros processos erosivos, segundo Dias (1993), são eles: elevação do nível médio do mar, diminuição do aporte de sedimentos

ao litoral, degradação antrópica de estruturas naturais ou alterações induzidas por obras de engenharia costeira; geralmente implantadas para proteção da linha de costa.

A erosão costeira pode ser quantificada a partir de diferentes métodos, tanto diretos como indiretos. Um exemplo disso é o uso de tecnologias de geoinformação, estudos de perfis de praia e comparação com os perfis de equilíbrio e a quantificação do transporte de massa ao longo das praias (CARNEIRO *et al*, 2003).

Entre os métodos indiretos também estão inclusos o cálculo de taxas de variação da linha de costa baseado em fórmulas que possuem como parâmetros a taxa média de elevação do nível do mar, profundidade máxima de troca de sedimentos entre a costa e a plataforma continental e a distância máxima entre esse local e a linha de costa

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Aquiraz está localizado na costa leste do estado do Ceará e apresenta uma área de 480,976 km². Está situado a aproximadamente 25 km da capital Fortaleza e possui um total de 30 km de praias (MAIA, 2014). A faixa que compreende o litoral do município localiza-se entre as coordenadas -38°54'05" latitude (S) e -38°23'28" longitude (W) fazendo parte da região metropolitana de Fortaleza. Juntamente com o grande crescimento da capital, Aquiraz também passou por uma grande e rápida expansão urbana na sua região de orla marítima em uma pequena escala de tempo, ocasionando assim uma mudança tanto na morfologia quanto na morfodinâmica de algumas praias. A praia estudada neste presente trabalho foi a praia do Iguape, localizada em Aquiraz especificamente no município de Jocaúna (Figura 2).

MAPA DE LOCALIZAÇÃO, PRAIA DO IGUAPE, CEARÁ

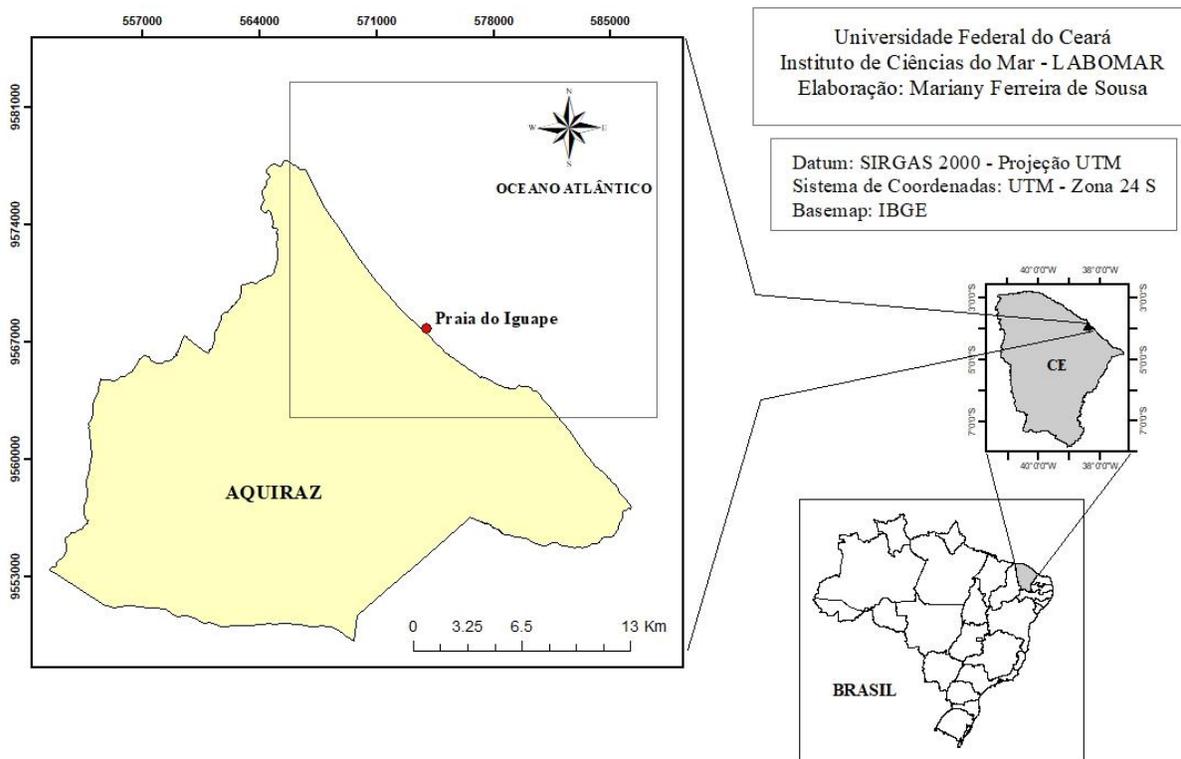


Figura 2: Mapa de Localização da Praia do Iguape, Aquiraz, Ceará.

4.1 Aspectos geológicos, morfológicos e sedimentológicos

A praia do Iguape está localizada em uma pequena enseada, sendo esta formada pelo choque sofrido pelos afloramentos rochosos a partir da expansão lateral da energia das ondas (PINHEIRO, 2001). Esses afloramentos são representados pelos arenitos de praia, estando presentes na zona de estirâncio e são formados a partir da consolidação de antigos sedimentos por carbonato de cálcio (CaCO_3) advindo da água do mar (OLIVEIRA, 2009).

A região está localizada sobre um cordão arenoso estando limitado ao Sul pela laguna do Iguape e ao Norte pelo Oceano Atlântico. O local apresenta um ambiente estuarino com desenvolvimento de vegetação de mangue, sendo isso resultado do contato das águas da lagoa costeira com o mar.

Sobrepondo rochas do embasamento pré-cambriano presentes no local de estudo estão sedimentos Plio-pleistocênicos da Formação Barreiras e sedimentos Quaternários formando a Planície litorânea (MORAIS *et al*, 1994).

Os campos de dunas neste local são formados pela intensa atividade eólica que também é responsável pelo volume sedimentar e influenciando assim a largura da faixa de praia (SOUZA,2005).

No local podem ser encontradas dunas transversais, onde sua face convexa é voltada para barlavento e a face côncava para sotavento, além de dunas dômicas (OLIVEIRA, 2009). A formação de dunas dômicas ocorrem a partir da deflação eólica com a retirada da areia de sua base, esse tipo de característica indica uma área de ocorrência erosiva.

Em relação a dunas fixas as dunas longitudinais marcam a paisagem da praia do Iguape, sendo dispostas em espigões paralelos alinhados de acordo com a direção dos ventos (E-SE) (OLIVEIRA, 2009).

De acordo com Pinheiro (2001), os sedimentos da praia do Iguape apresentam granulometria média em sua maioria, sendo alimentada principalmente por dunas móveis presentes na pós-praia.

No local ainda ocorre o bypass de sedimentos eólicos a sotamar da ponta do Iguape, sendo considerado como principal fonte sedimentar, sendo esse transporte o regulador de aporte de areia nos eventos erosivos (OLIVEIRA, 2010).

4.2 Aspectos Meteoceanográficos

Os ventos predominantes no nordeste brasileiro são os alísios. De acordo com dados da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), os ventos de nordeste são predominantes de fevereiro a abril com velocidade média de 3,7 m/s apresentando menores intensidades durante o mês de março, onde gradativamente é intensificado a partir de maio alcançando valores máximos em setembro com 7,2 m/s.

A direção predominante dos ventos nos seis primeiros meses do ano é de E-NE (60°-90°) e no restante do ano E-SSE, com tendência para SE (120°-150°), conforme constatou Maia (2014) segundo os dados obtidos pelo Banco de Dados Meteorológicos - BDMEP/INMET.

A região Nordeste do Brasil apresenta clima semiárido, marcado por um período seco e um período úmido, sendo o segundo bastante irregular. (MORAIS et al., 2006). Segundo o mesmo autor a precipitação no primeiro semestre do ano representa a cerca de 91% do total anual, do total 62% é precipitado em apenas três meses. O período com menor quantidade de chuvas ocorre entre os meses de julho a janeiro e o período chuvoso de fevereiro a abril (FUNCEME, 2012).

4.3 Aspectos oceanográficos

4.3.1 Ondas

O tipo de onda mais frequentemente observada no oceano são as de superfície geradas pelo vento sendo essas chamadas de ondas do tipo *sea*, já as ondas formadas longe do local em que aparecem são denominadas de *swell* (GARRISON, 2010). As ondas *swell* possuem papel importante na dinâmica costeira.

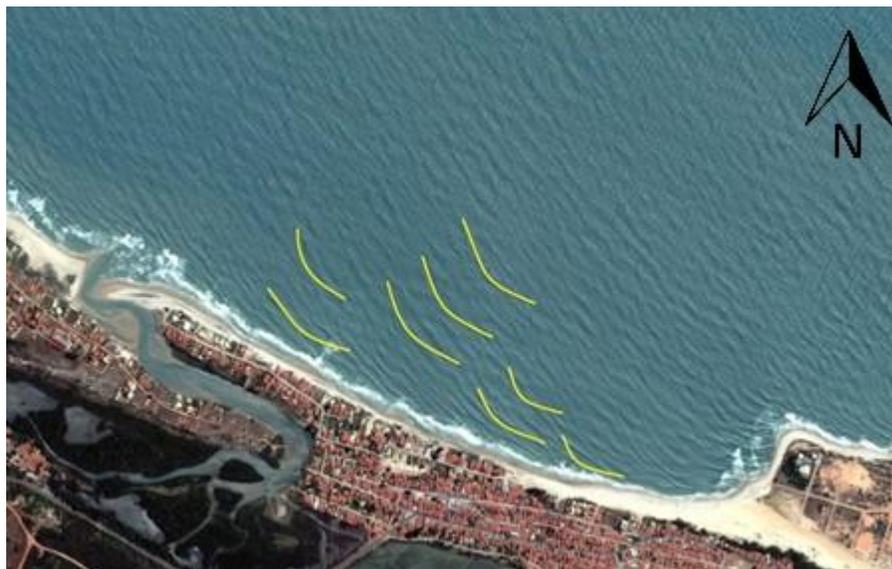
O tipo de onda predominante na região, de acordo com Oliveira (2009) a partir de monitoramento realizado entre 2008 e 2009 é a do tipo *sea*, indicando que as mesmas são geradas e influenciadas pelos ventos locais.

Acredita-se que a morfologia da antepraia local influencia na forma de arrebentação das ondas. De acordo com Garrison (2010), as ondas ao se aproximarem da costa perdem velocidade devido a diminuição da profundidade até que ocorra a arrebentação. A presença de calhas longitudinais na região de antepraia faz com que a onda que se aproxima ganhe velocidade devido ao aumento brusco da profundidade e arrebente mais dentro da costa, tendo assim maior efeito erosivo. Esse fato foi relatado também por moradores locais. Para confirmar essa informação é necessário a realização de mapeamento batimétrico no local.

No local também é possível observar que ocorre processo de refração (FIGURA 3), esse fenômeno se aplica a ondas que se aproximam de promontórios, o que pode ser observado na área. A refração além de influenciar significativamente na altura da onda também possui papel muito importante quanto a distribuição da energia ao longo da

costa (MORAIS, 1996). Esse processo pode ser observado através de imagens de satélite, além da linha de espraiamento da praia.

Figura 3: Refração da onda e adaptação ao fundo marinho e aos obstáculos naturais do promontório na praia do Iguape.



Fonte: Google Earth Pro, 2014

Outro processo relacionado à movimentação da onda que pode ser observado é a difração. De acordo com Morais (1996) a difração acontece quando a onda atinge um obstáculo como um pontal rochoso, por exemplo, estabelecendo uma onda circular que tem propagação a partir do limite do obstáculo. Podendo ser observado na Figura 4. O fenômeno da difração pode ser o principal responsável pela erosão no local, pois ao se chocar com o promontório a onda concentra energia em direção a praia, apresentando uma tendência a retificação da linha de costa.

Figura 4: Inflexão da onda ao atingir o promontório ocorrendo a difração da onda.



Fonte: Google Earth Pro, 2014.

4.3.2 Marés

Os registros das amplitudes de marés realizados por Moraes (1980, *apud* OLIVEIRA, 2009) tendo como referência o porto do Mucuripe em Fortaleza pela proximidade com o Município de Aquiraz, determinou que a amplitude máxima de 2,7, para o equinócio de março no ano de 1976 e a amplitude de 3,3m para máximas de sizígia no ano de 1980.

Com finalidade comparativa, foram obtidos dados de maré através da Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN onde para os meses de março (período chuvoso) e setembro (período de estiagem) entre os anos de 2005 e 2009 (OLIVEIRA, 2009). Nas marés de quadratura as médias foram em 0,72 e 0,70 respectivamente, enquanto que nas marés de sizígia as amplitudes do mês de março foram em média 3,5m e no mês de setembro em média 3,6m.

5 METODOLOGIA

O presente trabalho foi dividido em 3 etapas. A primeira consistiu no levantamento bibliográfico, referente aos temas a serem abordados. Na segunda, ocorreu a coleta de dados através de metodologia específica. Na fase final foi realizado o tratamento dos dados em laboratório, análise e interpretação.

5.1 Etapa inicial

O início do trabalho deu-se a partir do levantamento bibliográfico da dinâmica e dos processos costeiros, além do transporte eólico e dos processos erosivos no litoral de Aquiraz. Na etapa inicial do trabalho também foram definidos a área de estudo e os pontos de amostragem.

5.2 Etapa de campo

Os experimentos de campo foram realizados durante o período de estiagem no mês de outubro de 2018 (out/2018). A aquisição dos dados ocorreu durante as marés de sizígia. Os dados de maré foram adquiridos por meio da plataforma digital da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação), onde é disponibilizado online a tábua de maré. Foram coletados dados de:

- I. Nivelamento topográfico com estação total e RTK por meio de perfis praias para realização da caracterização da morfodinâmica praial;
- II. Posicionamento da linha de costa (limite máximo da preamar) por meio de caminhamento com RTK;
- III. Sedimento para consecutiva análise em laboratório

5.2.1 Perfis topográficos

Foram estabelecidos 12 perfis topográficos transversais à linha de costa, que englobou feições da praia do Iguape desde a duna frontal, incluindo setores como a crista da duna, base da duna à barlavento, pós-praia, estirâncio e antepraia (FIGURA 5). Os perfis foram distribuídos em toda a área de estudo afim de abranger todos os pontos da praia que apresentavam variação visual tanto de regiões de deposição como de erosão não apresentando distanciamento padrão. Para esta metodologia foi utilizado um sistema RTK com precisão vertical de 15mm (FIGURA 6) e Estação Total, tripé de alumínio e prisma acoplado nível cantoneira, sendo a última utilizada apenas no segundo perfil coletado para fins de validação dos dados do adquiridos a partir do RTK (FIGURA 7).

Figura 5: Mapa da distribuição geográfica dos perfis.



O registro dos perfis topográficos adquiridos no mesmo local ao longo do tempo evidencia as variações da linha de costa, deposição ou erosão da zona costeira, através de mudanças no volume de sedimentos praias. Para o trabalho em questão os perfis topográficos tiveram como objetivo caracterizar morfologicamente as partes que compõem a praia: pós-praia, estirâncio e antepraia, além da duna frontal quando presente.

Figura 6: Instalação da base do RTK.



Fonte: Autores (2018).

Figura 7: Aquisição de dados topográficos a partir de Estação Total.



Fonte: Eduardo Lacerda (2018)

5.2.2 Delimitação da linha de costa

A linha de costa deve ser entendida como um limite móvel, onde a posição espacial é variável a todas as escalas temporais, portanto os critérios que definem a

mesma devem ser rigorosos (Farias, 2010). Para o presente trabalho a posição da linha de costa (LC) foi considerada como o limite que destaca o terreno seco da área marinha nos locais que não apresentavam outra feição como berma, por exemplo, em algumas regiões a linha foi definida a partir de obras de contenção presentes no local como enrocamento.

O limite da LC é aplicado como uma diretriz na gestão costeira para estabelecer os planos de ocupação e uso do solo na zona costeira (FREIRE; ZAMBONI; MIGUENS, 2004). Uma série de fatores influenciam a posição da LC, como, por exemplo, a amplitude de maré, ondas de tempestade, variações sazonais e alterações antrópicas na costa.

Para esse estudo a LC foi determinada em um período de maré de sizígia, no mês de outubro de 2018, sendo necessário um dia de campo para percorrer toda área de estudo. Os dados foram coletados somente durante a maré baixa, porque em muitos locais, durante a maré alta não é possível trafegar.

A LC foi delimitada com o uso de um equipamento de posicionamento global (*GNSS - Global Navigation Satellite Systems*) através de levantamentos geodésicos usando o sistema americano GPS (*Global Positioning Systems*). Foi utilizado um RTK 6 da marca Trimble para o levantamento geodésico por posicionamento relativo que consiste na obtenção das coordenadas (x,y) com precisão milimétrica. Para início do trabalho, a base do equipamento foi estacionada e nivelada em uma região estratégica para se obter uma melhor qualidade do sinal para o equipamento esse local encontra-se descrito na tabela 1 e figuras 5 e 6. Foi necessário aguardar o tempo mínimo de 2 horas para o rastreamento da base, já que o posto possuía coordenadas desconhecidas. Após a configuração do equipamento através da coletora foi possível iniciar os levantamentos de dados para traçar a linha de costa.

Tabela 1: Tabela de coordenadas dos perfis (RTK)

	LAT	LONG
COORDENADAS DA BASE	578496.153 m	9564306.664 m
PERFIL 1	579423.504 m	9564285.314 m
PERFIL 2	579267.257 m	9564073.572 m
PERFIL 3	578915.839 m	9564178.862 m
PERFIL 4	578658.105 m	9564250.706 m
PERFIL 5	578339.936 m	9564354.543 m
PERFIL 6	578067.895 m	9564472.523 m
PERFIL 7	577769.280 m	9564633.946 m
PERFIL 8	577537.848 m	9564761.488 m
PERFIL 9	577255.183 m	9564916.635 m
PERFIL 10	576845.606 m	9565094.488 m
PERFIL 11	576615.161 m	9565244.199 m
PERFIL 12	576289.413 m	9565481.386 m

Fonte: Autores (2018).

Figura 8: Linha de costa de 2018 delimitada pela região de berma.



Fonte: Autores (2018).

5.2.3 Coleta de sedimentos

A coleta de sedimentos foi realizada ao longo de cada um dos 12 perfis praias abrangendo feições como duna frontal, pós-praia, estirâncio e antepraia. Foram coletadas um total de 37 amostras para posterior análise em laboratório.

5.4 Etapa de laboratório

Esta etapa consistiu na análise granulométrica e de Carbonato de Cálcio no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) do Instituto de Ciências do Mar - Labomar/UFC.

5.4.1 Análise granulométrica

A granulometria proporciona a caracterização dos sedimentos quanto a origem do material, tipo de transporte e ambiente de sedimentação, de acordo com a metodologia proposta por Suguio (1973).

Nesta etapa foi utilizada uma fração de 100g de cada amostra de sedimento coletado em campo, seguido por processo de peneiramento úmido para que o sal da amostra pudesse ser retirado e a fração mais fina (silte e argila) fosse separada. A amostra bruta de (100g) foi lavada em peneira de abertura igual a 0,062mm sob água corrente, logo em seguida as amostras foram levadas para estufa.

Após as amostras estarem secas foi realizada o peneiramento mecânico onde a amostra foi alocada em um jogo com 11 peneiras com variação de malhas com aberturas que abrange desde frações mais grossas (2,83mm de abertura) até a classe mais fina do peneiramento (0,062mm de abertura). O procedimento acontece com o auxílio de um agitador mecânico. O material acumulado em cada peneira é então pesado e anotado. Esta etapa está ilustrada no fluxograma a seguir (Figura 9).

5.4.2 Parâmetros estatísticos granulométricos

O software SAG - Sistema de Análise Granulométrica foi o programa utilizado para obter-se os parâmetros estatísticos como grau de selecionamento e a classificação

quanto a *percentis*, grau de assimetria, grau de curtose, frequência, a partir dos valores obtidos com a granulometria, de acordo com Folk e Larssonneur.

O diâmetro médio compreende o tamanho médio das partículas. Segundo Martins (2003), a granulometria dos sedimentos praias variam entre sedimentos muito finos e areia média. O transporte desses sedimentos varia de acordo com a energia do local, sedimentos mais finos tendem a se acumular em ambientes de baixa energia de ondas, já os sedimentos maiores tendem a se acumular em locais que apresentam alta energia de ondas (DAVIS; FITZGERALD, 2004).

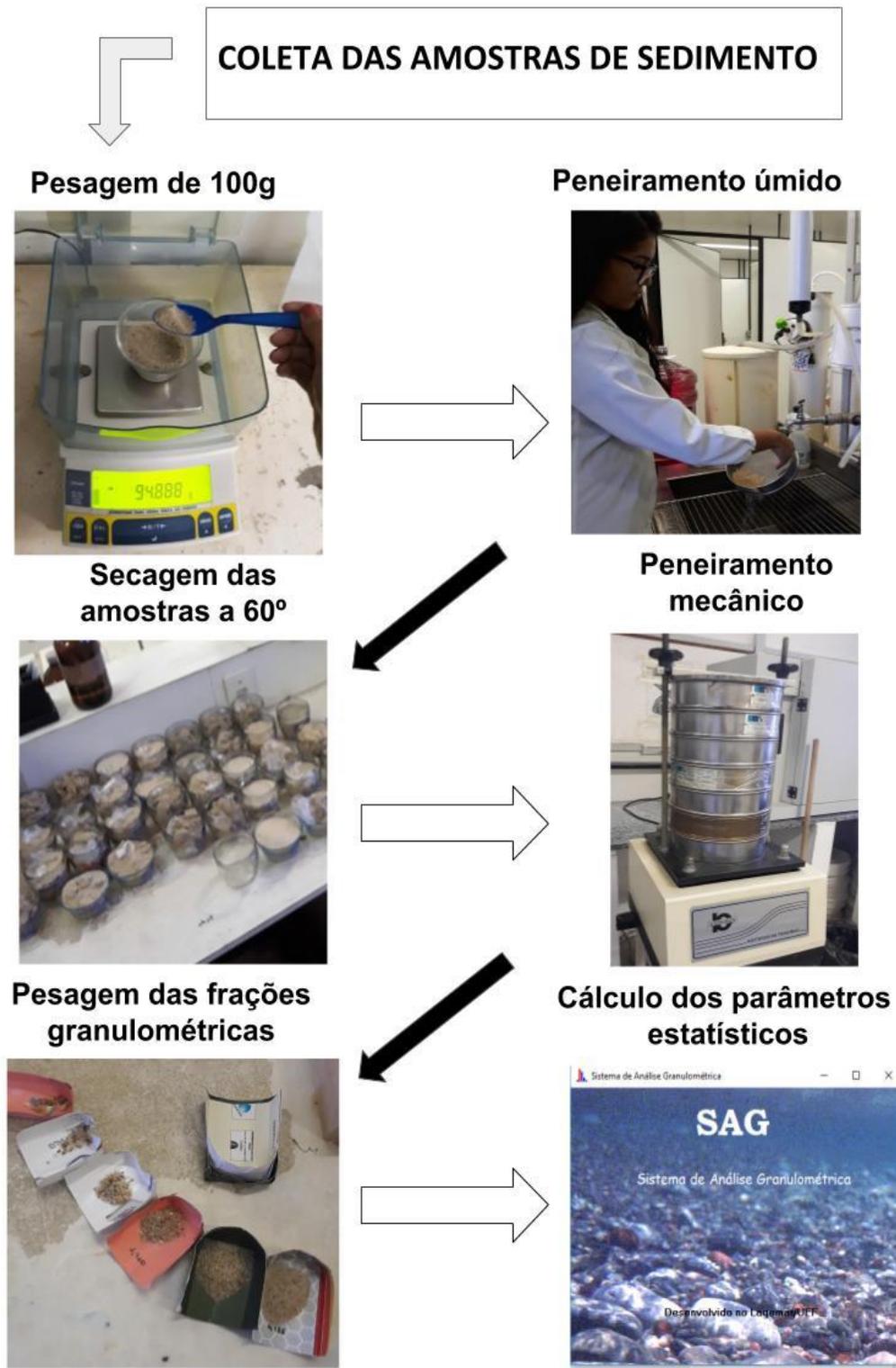
O grau de seleção é representado pelo desvio padrão da distribuição de tamanho (BRIGGS, 1977). As partículas tendem a ser separadas por tamanho de acordo com o transporte ou agitação do meio. O grau de seleção dos grãos indica as características dos sedimentos que abastecem a zona costeira e os processos que atuam retrabalhando-os posteriormente como a ação de ondas, marés e ventos. Os sedimentos de praia geralmente são moderadamente a bem selecionados, já os sedimentos eólicos são bem a muito bem selecionados enquanto que os sedimentos fluviais são pobremente a moderadamente selecionados (MARTINS, 2003).

A variação das curvas de distribuição granulométrica é representada pela angulosidade da curva ou curtose, estas podem ser mais achatadas ou mais proeminentes que a curva normal (DIAS, 2004). A curva de distribuição da curtose pode ser classificada como: leptocúrtica (alongada), mesocúrtica (normal) ou platicúrtica (achatada). Valores extremos de curtose (muito altos ou muito baixos) podem sugerir que um tipo de material foi transportado da sua respectiva área fonte até a região de deposição sem perder suas características de origem. Os sedimentos eólicos geralmente possuem curvas mesocúrticas enquanto os sedimentos praias possuem curvas leptocúrticas (MARTINS, 2003).

A assimetria expressa o enriquecimento da distribuição granulométrica em partículas grosseiras ou em partículas finas (DIAS, 2003). A assimetria analisa a relação entre a moda, média e mediana, quando esses valores forem iguais a distribuição é considerada simétrica, caso apresentem valores diferentes a distribuição é considerada assimétrica. Quando o valor da média é superior ao valor da mediana que por sua vez é superior ao valor da moda a assimetria é considerada positiva, neste caso ocorrem grãos

mais finos. Quando ocorre o contrário, o valor da média é inferior ao da mediana e este inferior ao da moda a assimetria é considerada negativa, neste caso ocorrem grãos mais grossos. De acordo com a análise de sedimentos de Duane (1964) a assimetria é um parâmetro inerente ao ambiente onde ocorre a deposição, e que as areias de rio e dunas possuem assimetria positiva, enquanto que areias de praia têm assimetria negativa.

Figura 9: Fluxograma das etapas de análise granulométrica.



Fonte: Autor (2018).

5.4.3 Morfoscopia dos sedimentos

Para o estudo da morfoscopia, utilizou-se os parâmetros como esfericidade e arredondamento, além da textura do grão (brilhoso ou fosco) e avaliação da presença de sedimentos bioclásticos. O procedimento foi realizado no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/UFC), em 37 amostras de sedimentos coletados em campo com diâmetro de 0,125; 0,177; 0,250; 0,354; 0,500, sendo esses escolhidos de acordo com dados de maior frequência obtidos a partir de análises granulométricas. Após a separação das frações de maior frequência foram analisados 50 grãos de cada amostra em uma lupa, para através de comparação visual com tabela fornecida de acordo com KRUBEIN & SLOSS (1963, *apud* PONZI, 1995).

5.5 Etapa de gabinete

5.5.1 Análise de variação da linha de costa

A etapa de gabinete consistiu na utilização de imagens de satélite obtidas a partir do programa Google Earth Pro, por meio da integração de dados em ambiente SIG. Esse processamento foi dividido em etapas como georreferenciamento e vetorização das linhas de costa. A seleção das imagens foi feita a partir de datas específicas onde as condições climáticas poderiam apresentar época de grande pluviosidade e de intensa estiagem.

A partir desse procedimento pôde-se realizar o cálculo do recuo da linha de costa e identificar as áreas e períodos com maior erosão, para isso foi utilizada a ferramenta Digital Shoreline Analysis System (DSAS) que realiza as análises quantitativas da evolução das tendências de deposição e erosão através de métodos estatísticos como o *End point rate* (EPR) e regressão linear (LRR), cada um apresentando diferentes formas de cálculo das taxas de variação da linha de costa. O método EPR relaciona o espaço e tempo, fazendo o cálculo dividindo a distância do movimento pelo tempo transcorrido entre a linha mais antiga e a mais atual, já o método de regressão linear (LRR) utiliza todos os transectos para a execução do cálculo aplicando conceitos estatísticos (THIELER et al., 2005).

5.5.2 Processamento de dados topográficos

Os dados obtidos em campo a partir do RTK foram processados utilizando o programa Trimble Business Center, uma vez que os dados obtidos pelo equipamento são armazenados considerando a altura elipsoidal faz-se necessário a conversão para altura ortométrica, para isso foram utilizadas duas Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC), de identificação de CEEU e CEFT estando estas localizadas no Eusébio e no Porto do Mucuripe. Então através do método de triangulação foi possível obter coordenadas UTM e altitude geométrica da base, as mesmas foram utilizadas para correção dos dados de linha de costa e confecção posterior dos perfis. Além disso, foi utilizado o software MAPGEO 2015 para verificação de altitude da ondulação geoidal e correção de dados geométricos do RTK para ortométricos (referentes ao nível do mar) de todos os pontos dos perfis de praia.

5.5.3 Validação do uso de dados RTK para o levantamento dos perfis de praia

A validação do uso dos dados de *Real Time Kinematic* (RTK) foi feita com base no proposto por Quintela (2014) que fez uso e comparação de vários equipamentos e metodologias para levantamentos em estudos morfológicos de feições costeiras. A autora menciona que em levantamentos planialtimétricos o nivelamento geométrico com nível topográfico apresentou melhores resultados do que os demais métodos e equipamentos, como o trigonométrico por Estação Total (média precisão) e o posicionamento relativo por RTK, porém para uma maior agilidade no momento da coleta e processamento dos dados o RTK é o mais recomendado, segundo a autora.

O presente trabalho utilizou o RTK como equipamento para o levantamento dos perfis de praia, a fim de tornar mais ágil os procedimentos de coleta em campo, sem perda dos dados de altitude localizados na antepraia pela rápida subida da maré, uma vez que se trata de um trecho praiado de aproximadamente 4 km de extensão.

A validação do uso dos dados de RTK para o objetivo do presente estudo foi feita a partir da obtenção de dados trigonométricos por Estação Total, que segundo Quintela

(2014) possui melhor precisão do que o RTK, porém é menos ágil para a coleta e processamento. Os dados da Estação Total foram coletados juntamente com os dados do RTK para posterior comparação altimétrica. Para tanto foi escolhido o Perfil número 2 que possui a maior variação topográfica (altimétrica), pois se estende desde uma duna frontal, passando pelas faixas da pós-praia e estirâncio, até a antepraia.

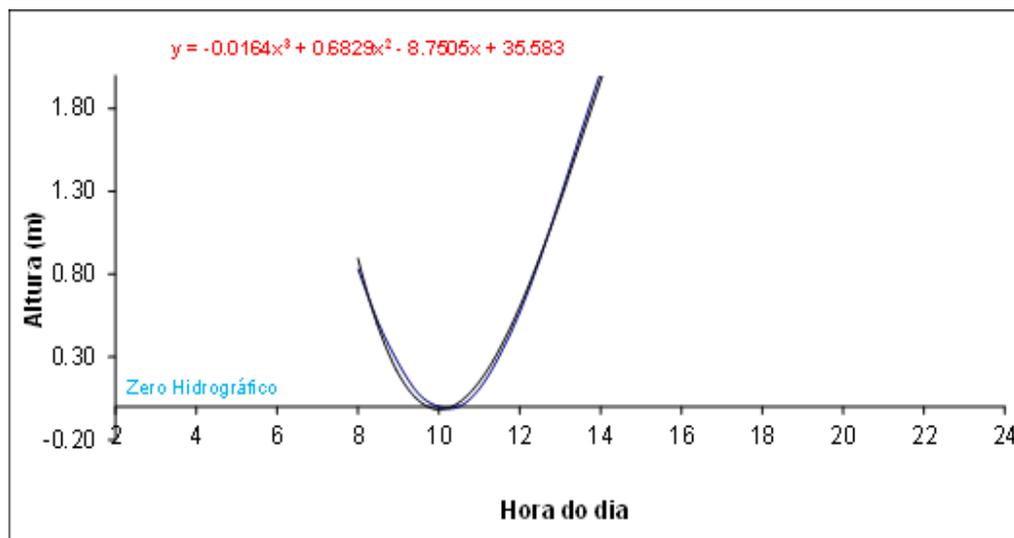
A morfologia de praia no Perfil 2 foi realizada com uso de uma Estação Total Ruide RTS 825 (Figura 7). Para a correção dos dados do levantamento para o nível zero hidrográfico do mar, considerou-se o nível de referência dos dados da DHN (Diretório de Hidrografia e Navegação) de acordo com a variação da maré correspondente ao dia do levantamento (Figura 11). Os dados escolhidos foram os do marégrafo do Porto de Fortaleza, localizado a 30 km da área do estudo.

A correção de maré é feita a partir de uma equação gerada pela curva correspondente ao intervalo do levantamento. A equação polinomial (equação 1) ajusta os valores de cotas do perfil para o nível zero da maré, considerando o toque na linha de preamar daquele determinado horário.

$$\text{Equação 1: } y=x^2+x-a \text{ ou } y=x^3+x^2-x+a$$

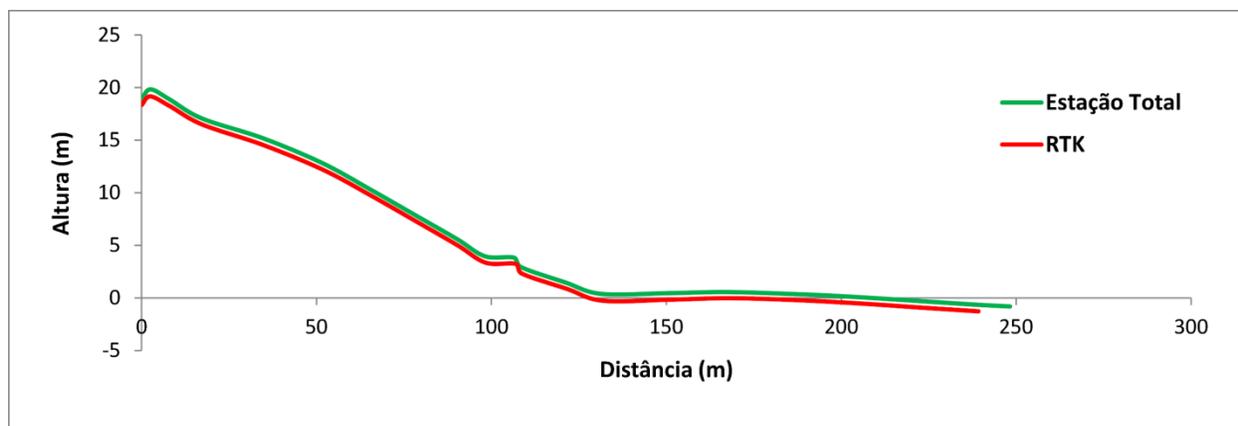
Onde: **y** é a altitude da cota; e **x** é a hora de coleta da altitude da cota.

Gráfico 1: Curva da maré do dia 08/10/2018, de 8 às 14 horas, e equação para a correção do levantamento do Perfil 2.



Após a correção da maré o dado foi inserido junto aos dados do Perfil 2 a fim de corrigir sua posição altimétrica em relação ao zero hidrográfico. O perfil feito com os dados da Estação Total e já corrigido foi comparado com o mesmo perfil de dados do RTK (Figura 12). A média da diferença altimétrica para todos os dados do Perfil 2 foi de 0,60 cm entre os dois métodos, o que pode ser considerado tolerável para um erro vertical em um levantamento que tem precisão horizontal na escala do metro (QUINTELA, 2014).

Gráfico 2: Comparação entre os dados dos métodos do nivelamento trigonométrico (Estação Total) e Posicionamento Relativo (RTK) para o Perfil 2.



5.5.4 Mapeamento do uso e ocupação da praia do Iguape

Para avaliar a interferência da ocupação nos processos costeiros, interferência essa que pode resultar em processos erosivos na praia do Iguape. Foi realizado o mapeamento da ocupação com o auxílio do programa Quantum GIS v.2.4.0 para que assim pudesse ser determinada o aumento ou diminuição da área ocupada da praia e da pós-praia e os possíveis impactos associados a essa ocupação em um período de tempo de 7 anos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise multitemporal da variação da linha de costa.

A região de estudo foi dividida em dois setores: a) Setor 1, localizado a barlamar da desembocadura do riacho do Iguape, integrando parte da enseada formada a partir do promontório e b) Setor 2 localizado a oeste da desembocadura (figura 17). O critério de compartimentação da área permitiu verificar as modificações na posição da linha de costa e dinâmica morfossedimentar associada ao aporte de sedimentos do riacho e a influência de regime de ondas, ventos e marés.

Figura 10: Divisão da área de estudo.

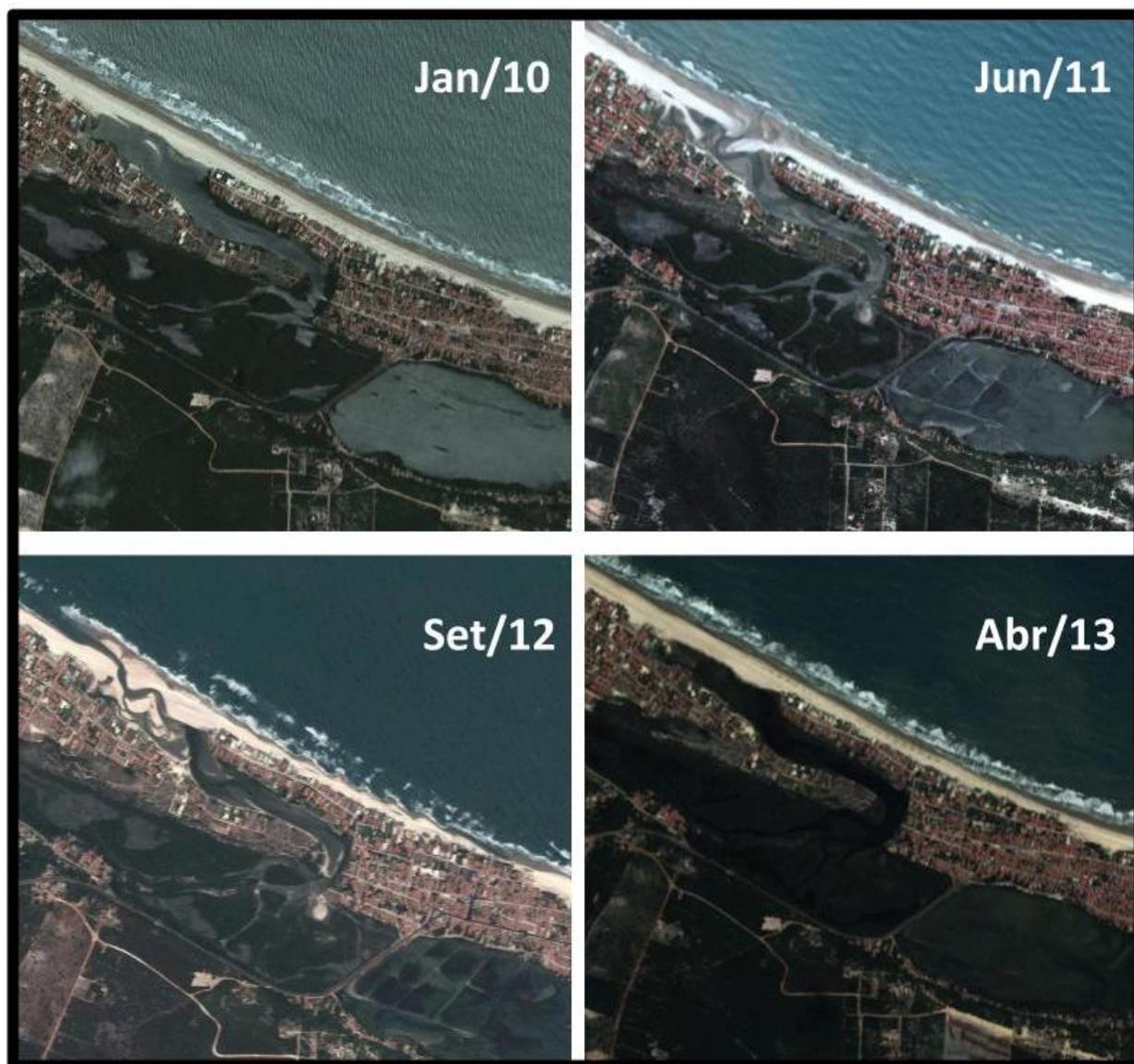


Fonte: Google Earth Pro (2018)

A partir das imagens também pôde-se inferir sobre a sazonalidade da formação do cordão litorâneo que em algumas épocas do ano pode chegar a isolar o Riacho do Iguape do contato com o ambiente marinho (Figura 18). Isto pode estar associado a descarga de água continental que depende também da quantidade de pluviosidade

durante o ano. De acordo com dados da FUNCEME, a área apresenta período chuvoso no primeiro semestre do ano e seco no segundo semestre, geralmente o canal é isolado durante o período de estiagem. Esse isolamento pode diminuir o aporte sedimentar continental para a praia, impede o abastecimento da corrente de deriva litorânea e consequentemente aumenta o estado erosivo da praia.

Figura 11: Variação Sazonal da Desembocadura do Riacho do Iguape.



Fonte: Autores (2018)

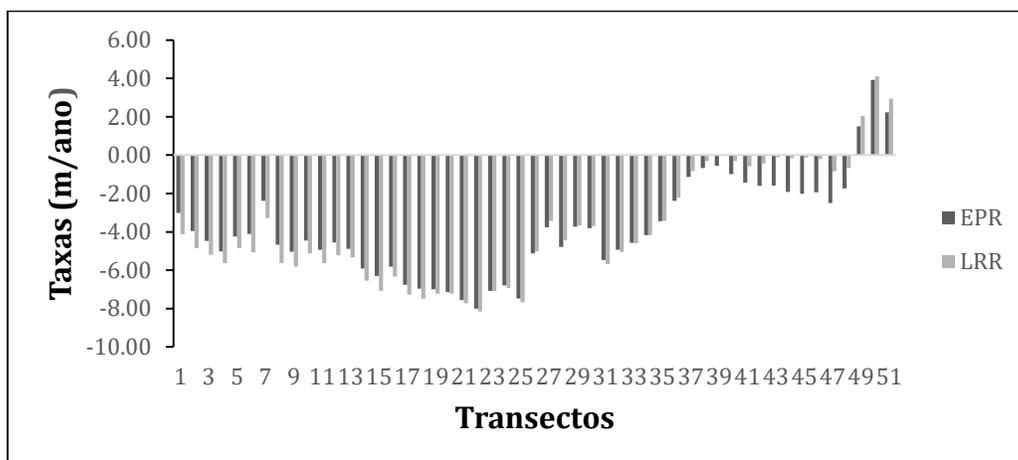
6.1.1 Setor 1

Este setor inicia a partir do promontório que forma uma pequena enseada até a desembocadura do riacho do Iguape. Os resultados podem ser observados na figura 20 e gráfico 1. Foram realizados 51 transectos nesta área sendo cada transecto apresentando espaçamento 40m e comprimento de 130m. Foi observada uma tendência erosiva, que já era esperada, visto que o local sofre influência da refração e difração das ondas incidentes no promontório da praia do Iguape (OLIVEIRA, 2009). Os valores das taxas de regressão linear simples (LRR) tiveram uma média de -3,79 m/ano, totalizando 26,53m em 7 anos, com valor máximo de -8,00 (EPR) e -8,16 (LRR), 56 m e 57,12 m em 7 anos, respectivamente.

Figura 12: Linha de costa da Praia do Iguape, Aquiraz na área dois nos anos de 2011, 2013, 2014, 2018.



Gráfico 3: Taxas de variação da linha de costa na área 1 entre os anos de 2011, 2013, 2014, 2018.



Fonte: Autores (2018)

O local apresentou estado erosivo predominante, sendo essa erosão mais acentuada entre os setores 11 e 20 dos transectos. Nesse setor é verificado a maior incidência das ondas refratadas pelo promontório. Apesar de predominar o estado erosivo, o local apresentou ainda uma pequena região em que houve progradação da linha de costa. Apesar desse local sofrer a ação de ondas difratadas, acredita-se que este comportamento seja apenas sazonal, sendo caracterizada como perfil de inverno e verão, além do local receber bastante aporte de sedimento da duna presente.

Neste setor pôde-se verificar a real importância do uso dos dois parâmetros estatísticos EPR e LRR para analisar uma possível erosão, podemos observar isto no intervalo dos setores 39 ao 48, onde se considerarmos apenas os valores de EPR vemos uma erosão bem mais acentuada no gráfico do que o observado nos resultados de regressão linear. Isto acontece, pois, o método de EPR leva em consideração apenas a linha de costa mais antiga e a mais atual, neste cenário realmente pode-se observar um estado erosivo, já se considerarmos todas as linhas de costa avaliadas vemos valores de LRR positivos, como 0,03 por exemplo, pois alguns anos mostraram que a linha de costa sofreu progradação, pois variou de formas diferentes durante os anos.

6.1.2 Setor 2

Setor localizado a oeste da desembocadura do Riacho do Iguape, onde apresenta visualmente maior estado erosivo, além de apresentar também obras desenvolvidas por moradores que tinham como objetivo conter o avanço do mar. Foram realizados 3 perfis praias com auxílio do RTK neste setor, além disso a partir da linha de costa obtida em campo foi possível realizar a comparação com linhas de costa anteriores e obter resultados estatísticos no intervalo temporal que varia de 2011 até 2018.

Os resultados obtidos podem ser observados na figura 21 e no gráfico 2. No total foram realizados 15 transectos nesse setor com espaçamento de 40m e comprimento de 130 m, na análise desse intervalo foi observada uma tendência erosiva, que é indicada por valores de regressão linear simples (LRR) de -7,44 m/ano (52,08 m em 7 anos), com valores máximos de erosão de -9,98 (LRR) e -9,53 (EPR), 69 m e 66,71 em 7 anos, respectivamente.

Figura 13: Linha de costa da Praia do Iguape, Aquiraz na área dois nos anos de 2011, 2013, 2014, 2018.

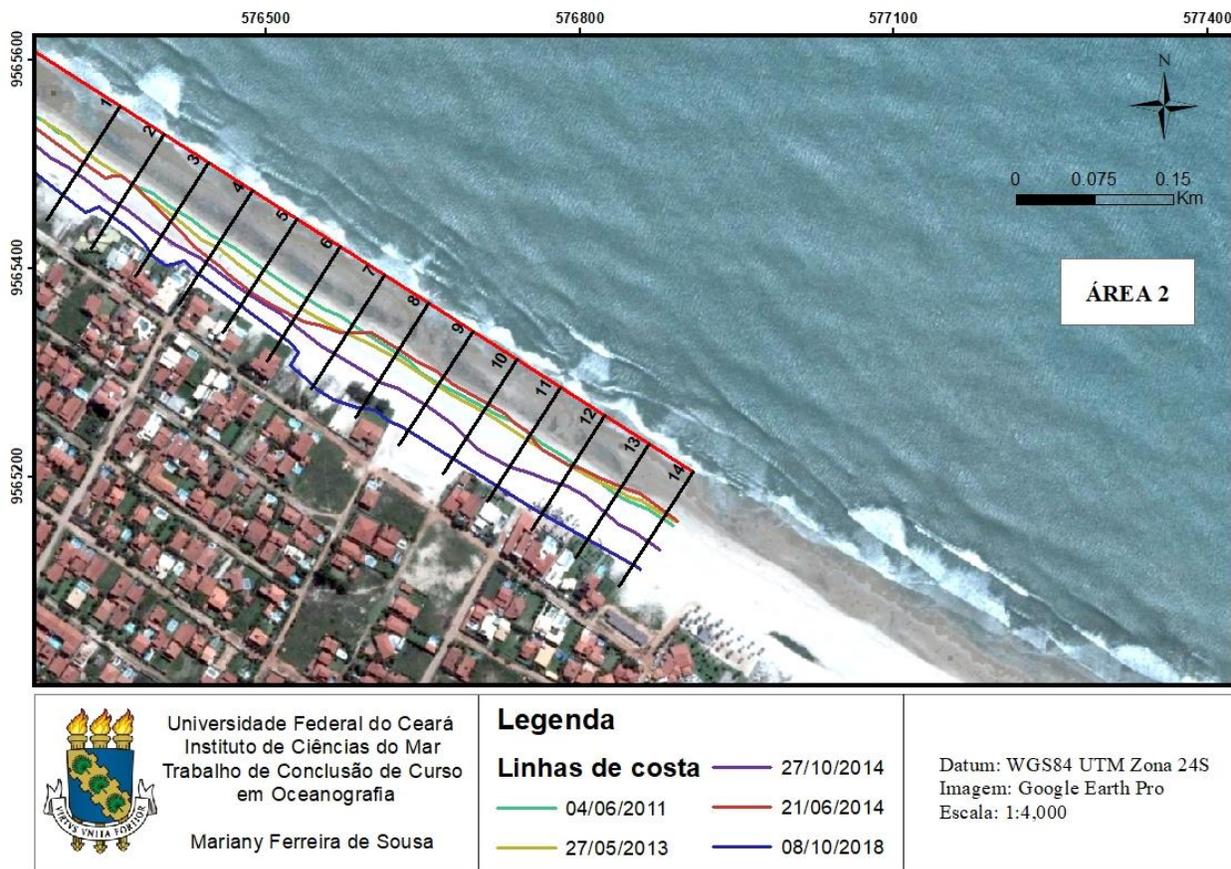
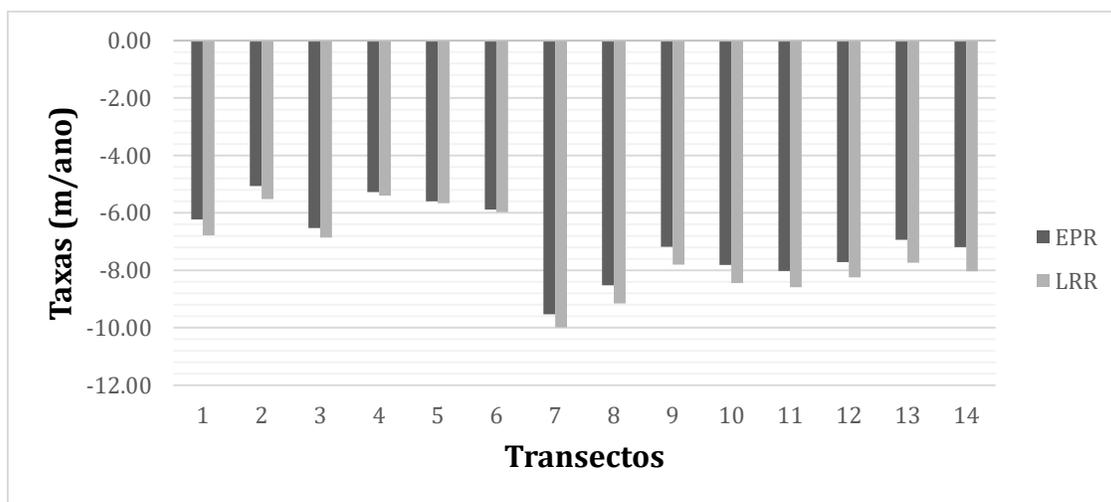


Gráfico 4: Taxas de variação da linha de costa na área 2 entre os anos de 2011, 2013, 2014, 2018.

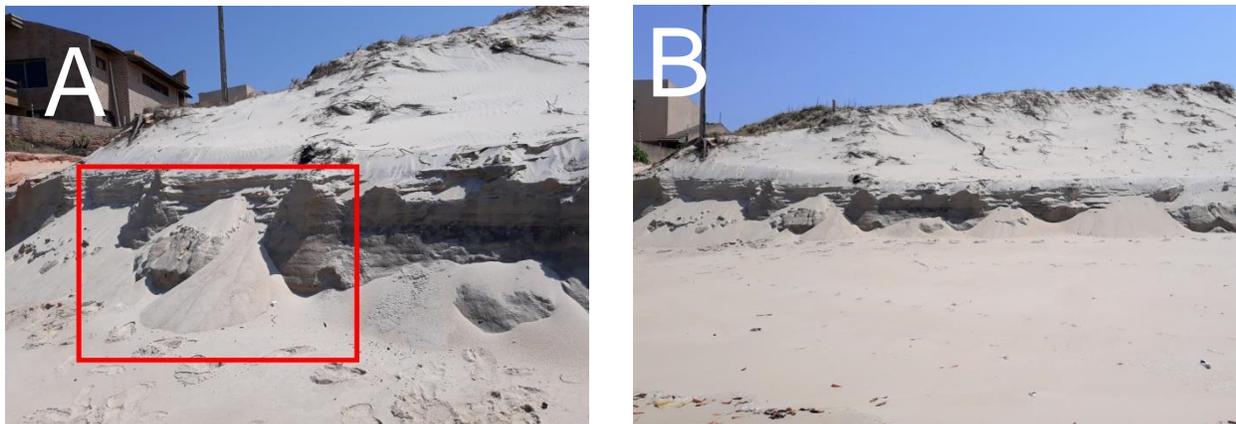


Fonte: Autores (2018).

O local apresentou apenas recuo da linha de costa no período observado, apresentando pontos isolados de erosão. As taxas mais significativas de erosão foram observadas nos transectos 7 e 8, com valores de EPR e LRR de -9,53 e -9,98, respectivamente. Além disso, partir de observações em campo foi possível identificar faces de avalanche ou falésia viva na base duna frontal (Figura 22), esse tipo de característica é indicador de erosão.

O déficit sedimentar neste setor pode estar associado a refração das ondas incidentes na praia do Iguape devido a presença do promontório. De acordo com Maia (2014), a praia do Iguape no segundo semestre do ano apresentou ondas com maiores alturas significativas o que pode ser responsável pela intensa modificação no perfil praial. Os altos valores de altura máxima de onda no segundo semestre do ano já foram descritos anteriormente por Silva et al (2011) a partir de séries históricas anuais (1985 e 2009), onde foi observado a ocorrência de valores superiores a 4m.

Figura 14: a) e b) Face de avalanche indicando estado erosivo.



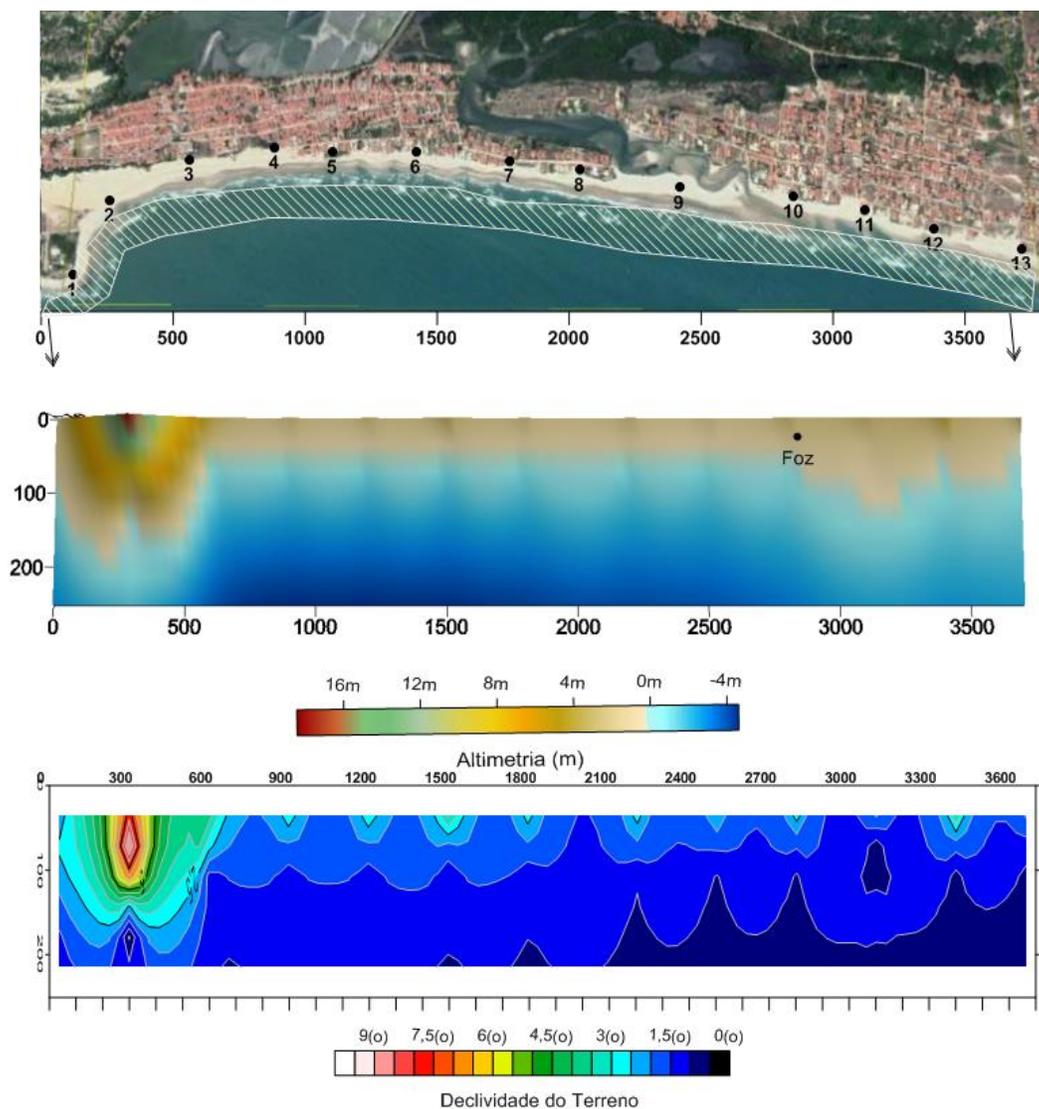
Fonte: autores (2018)

6.2 Caracterização Morfológica e Sedimentológica da Praia do Iguape

A área de estudo recebe sedimentos provenientes principalmente das dunas móveis através dos ventos que apresentam maior intensidade no segundo semestre do ano, período de estiagem que possibilita maior mobilidade sedimentar, devido a ondas, provenientes da deriva litorânea; transpasse de sedimento pela deflação eólica do promontório e influência do sedimento descarregado pelo riacho (OLIVEIRA, 2009). A dinâmica dos sedimentos é regida principalmente pelas correntes de deriva litorânea que movimenta os sedimentos de leste para oeste, além da ação de ondas, marés e do vento. (MEIRELES *et al.*, 2003).

As praias do Iguape são predominantemente arenosa, com declividade no estirâncio variando de 0 a 1,5°. Ana pós-praia entre os perfis 4 e 12, a declividade varia de 2,5 a 3°. Na região adjacente ao pontal e com aporte de sedimentos das dunas móveis, a declividade variou de 3 a 4,5°. A duna de by-pass localizada no ponto 2, é responsável pelo aporte direto de sedimentos na faixa de praia (Figura 15).

Figura 15: Altimetria da área de estudo.



Fonte: Autores (2018).

O perfil 1, localizado no início do promontório possui aproximadamente 144 m de comprimento transversal, destacando um estirâncio bastante extenso, neste local foi realizada a amostragem da região de pós-praia, estirâncio e antepraia. Foram obtidas duas amostras na região do estirâncio, pois a mesma apresentava variação granulométrica bastante distinta visualmente no mesmo setor. A classificação granulométrica da região se deu com a presença majoritária de areia média na pós-praia, areia grossa na porção mais interior do estirâncio e areia fina no segundo ponto do

estirâncio mais próximo ao oceano, já a região da antepraia foi caracterizada por areia fina. No local do primeiro perfil ainda é possível observar a presença de rochas de praia, ue podem atuar diminuindo a energia das ondas e protegendo esse setor da erosão.

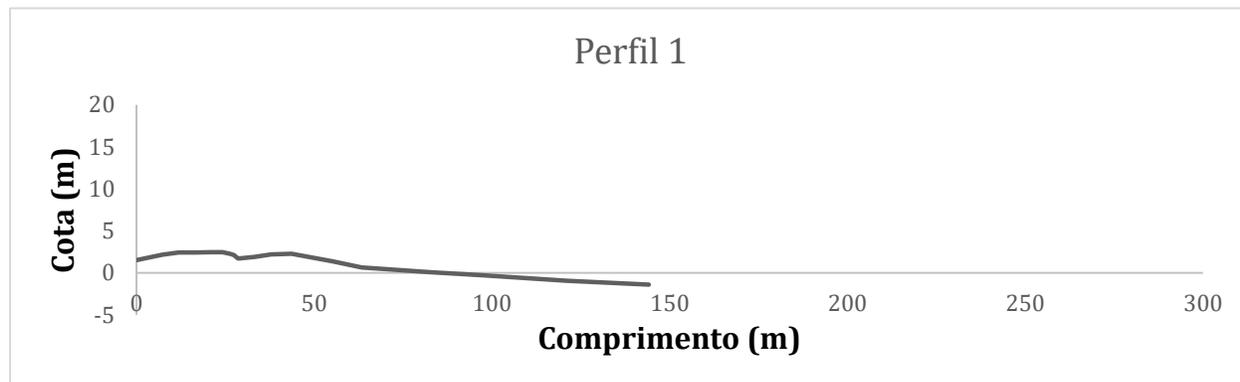


Gráfico 5: Perfil morfológico nº 1.

O perfil 2, possui um comprimento transversal que ultrapassa 250m, neste local foi possível observar a presença de uma berma com escarpa de aproximadamente 1m de altura, o perfil vai se aplainando desde a berma até a região da antepraia e sendo a presença da mesma sazonal dependendo da energia das ondas. O local deveria sofrer bastante ação erosiva devido a refração da onda, porém devido a presença da duna frontal o local recebe bastante carga sedimentar, sendo caracterizado com pequeno estado erosivo e até épocas de progradação da linha de costa. A granulação predominante foi de areia média na região da duna frontal e pós-praia e grossa a fina no estirâncio e antepraia. Foi observado em campo a presença de conchas e sedimento de origem biogênica indicando que ele foi trazido devido a alta energia das ondas e deixado ali, marcando uma região de grande influência marinha.

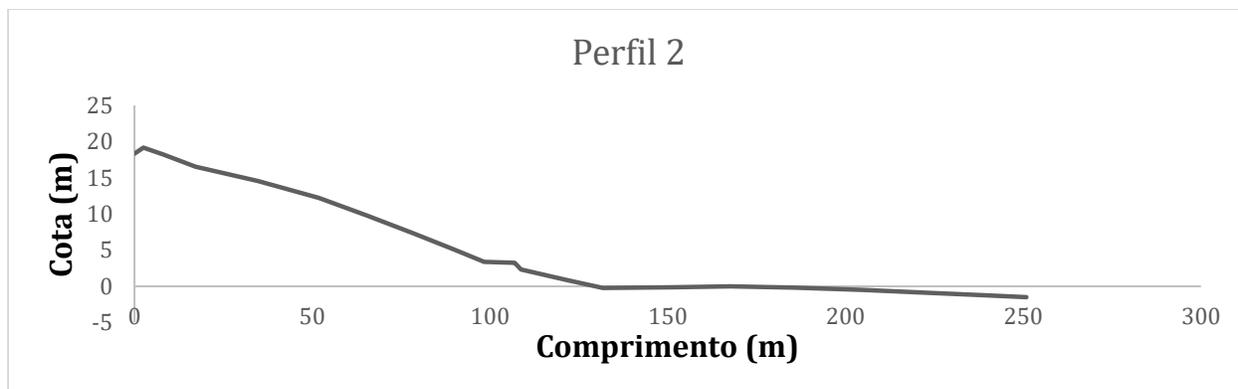


Gráfico 6: Perfil morfológico N° 2.

O perfil 3, possui extensão de aproximadamente 115m, esse local sofre bastante ação erosiva devido a refração da onda. A granulometria do perfil variou desde areia média na região de pós-praia e estirâncio a fina na antepraia.

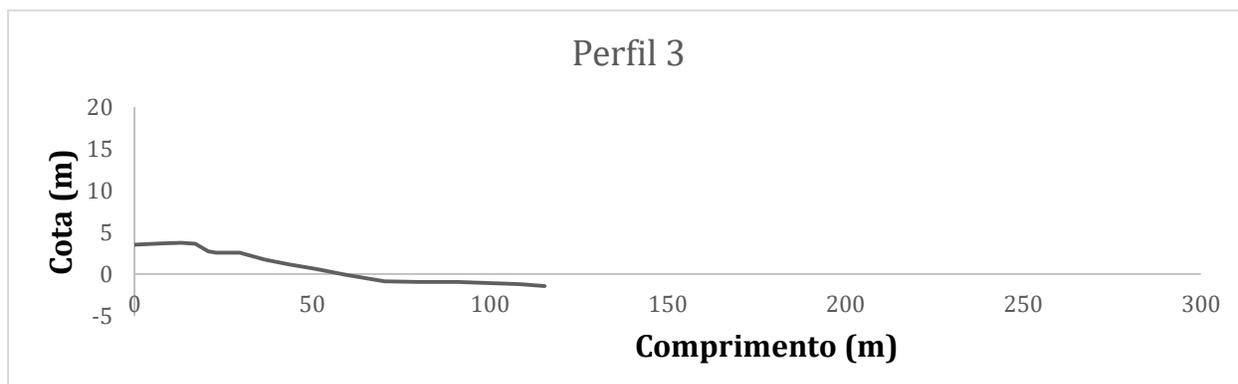


Gráfico 7: Perfil morfológico N° 3.

O perfil 4 possui extensão de 84m e está localizado na região onde apresentou maior erosão, a partir de imagens de satélite pôde-se observar que houve um recuo significativo da linha de costa e barracas que antes estavam presentes no local em 2011 hoje não se encontram mais. A granulação predominante foi de areia média na duna frontal e estirâncio e areia fina na antepraia, neste ponto o estirâncio iniciava na base da duna frontal, o local apresentava havia bastante construções destruídas incluindo casa inteiras. A areia média presente no topo da duna frontal associada a presença de conchas indica que a energia das ondas está transportando esse sedimento biogênico

até este local, podemos inferir que o recuo da linha de costa pode estar diretamente associado a essa energia maior das ondas.

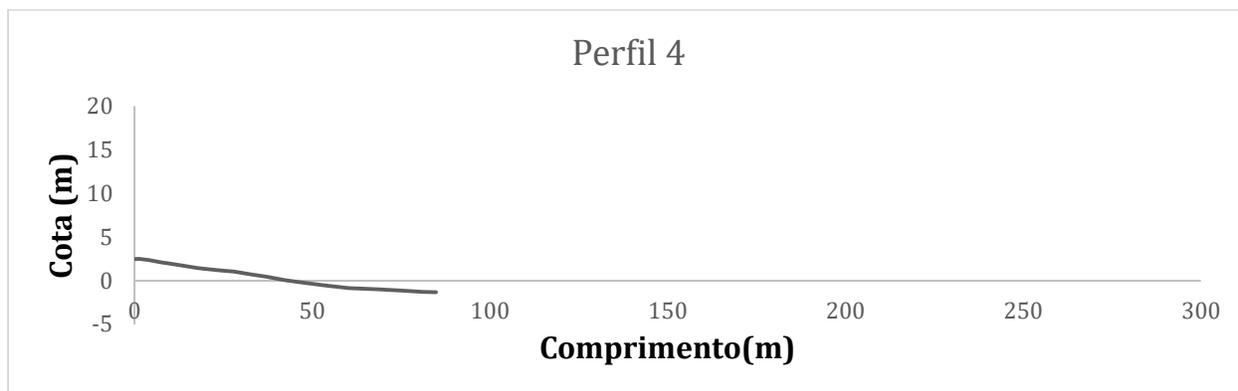


Gráfico 8: Perfil morfológico N° 4.

O ponto 5 apresentou comprimento de 72m. Nota-se uma diminuição gradual da extensão dos perfis conforme se afastam da duna principal e do pontal do Iguape, fontes significativas de sedimento para a praia. A granulometria encontrada foi apenas de areia média na pós-praia, estirâncio e antepraia.

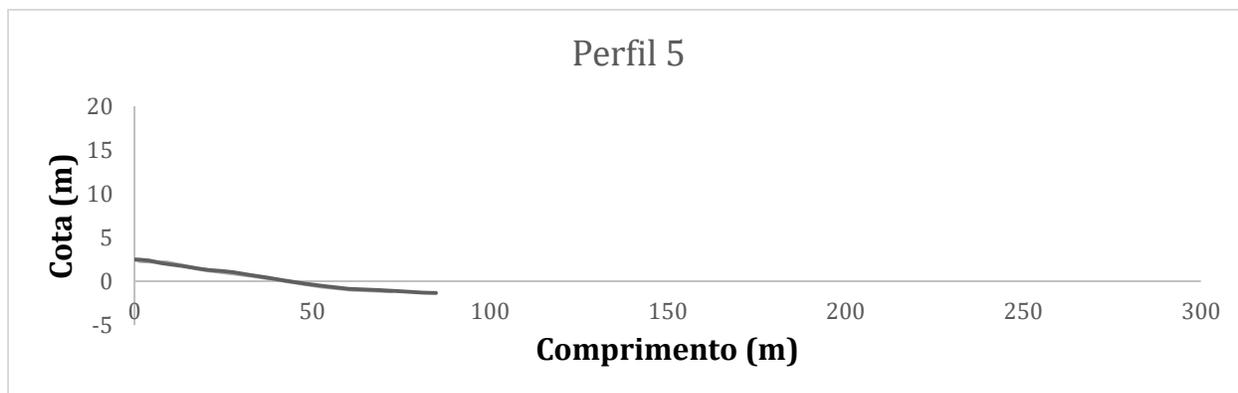


Gráfico 9: Perfil morfológico N° 5.

O perfil 6 possui comprimento de aproximadamente 70 m, o local apresentou feições como pós-praia, estirâncio e antepraia que apresentaram granulometria de areia média.



Gráfico 10: Perfil morfológico Nº 6.

O perfil 7 com comprimento de 62m, de acordo com a granulometria apresentou areia grossa na região de duna frontal e variação de fina a média no estirâncio e antepraia, respectivamente. O perfil apresentou estado bastante erosivo, isto pode ser devido a grande quantidade de construções na duna frontal o que impede o possível desenvolvimento da mesma, além de prejudicar a alimentação de sedimentos da praia.



Gráfico 11: Perfil morfológico Nº 7.

O perfil 8 está localizado no início do cordão arenoso que inicia próximo a desembocadura do riacho do Iguape. Ele possui uma extensão de 51 m aproximadamente. Em relação a granulometria, devido a ocupação na região de pós-praia e duna foram coletadas amostras apenas do estirâncio e antepraia que apresentaram areia média e fina, respectivamente.



Gráfico 12: Perfil morfológico N° 8.

A região do perfil 9 está localizada próximo a desembocadura do Riacho do Iguape, por esse motivo o local apresentou um aumento no comprimento, destoando assim da tendência geral que foi de diminuição da extensão dos mesmos. O comprimento foi de aproximadamente 66 m, o local é marcado pela presença de manguezal e restinga, além de uma “zona de deixa” marcada pela presença de lixo. As análises granulométricas dos sedimentos coletados nesse perfil mostraram que na região da pós-praia, estirâncio e antepraia houve o predomínio de areia média.



Gráfico 13: Perfil morfológico N° 9.

O perfil 10 foi realizado na desembocadura do riacho do Iguape, abrangendo todas as feições do setor praial, tendo comprimento de aproximadamente 131 m. O perfil iniciou na pós-praia, sendo seguido por estirâncio e antepraia. A análise granulométrica indicou a predominância de areia média nos três setores, isto pode ser devido ao aporte

de sedimentos do riacho. A presença de sedimentos mais grossos pode ser resultado de três processos, de acordo com Jesus e Andrade (2013), são eles: ação das ondas favorecendo a remoção de sedimentos mais finos, aumento do aporte de sedimentos mais grossos por eventos de tempestade ou trazidos pelo riacho.

Essa região de desembocadura apresenta bastante variação, pois ela muda de posição e profundidade de acordo com a quantidade de chuvas, aporte de água continental e da ação hidrodinâmica das ondas.

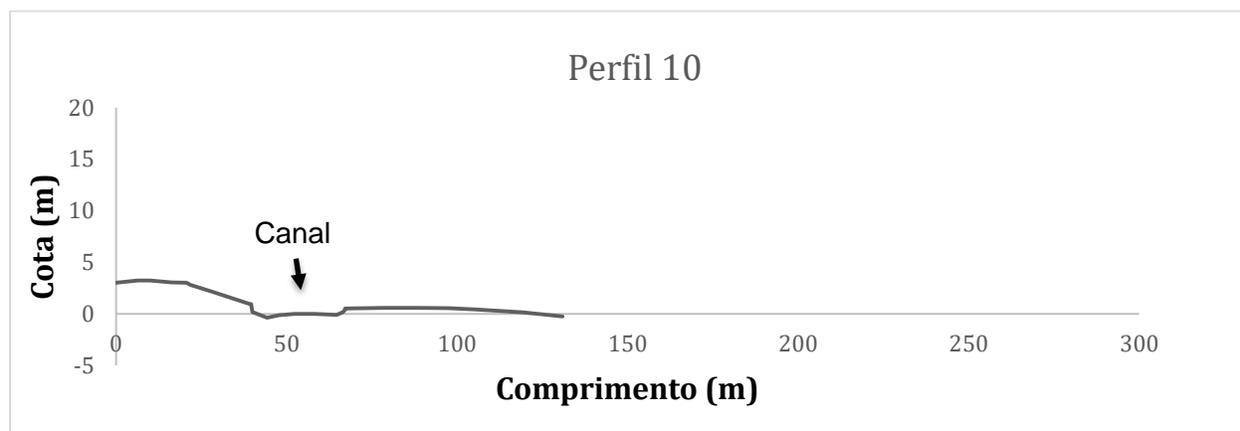


Gráfico 14: Perfil morfológico N° 10.

Localizado após a desembocadura do riacho está o perfil 11, neste local observa-se uma redução de mais da metade do comprimento em relação ao perfil anterior. Esta redução pode estar associada a maior energia de ondas atuantes na região. O perfil 11, ao contrário do perfil 10, não possui o cordão arenoso como barreira de proteção para uma possível erosão. Outro motivo para a erosão mais acentuada que este local apresenta pode ser a desembocadura do riacho funcionando como um espigão hidráulico, o que pode estar barrando a corrente de deriva litorânea e o transporte de sedimento para abastecer a região. As feições encontradas no perfil incluem apenas estirâncio e antepraia, no local também pode ser observado barreiras de contenção do avanço do mar realizadas por moradores locais. A análise granulométrica mostrou a predominância de areia média a fina no estirâncio e antepraia, respectivamente.

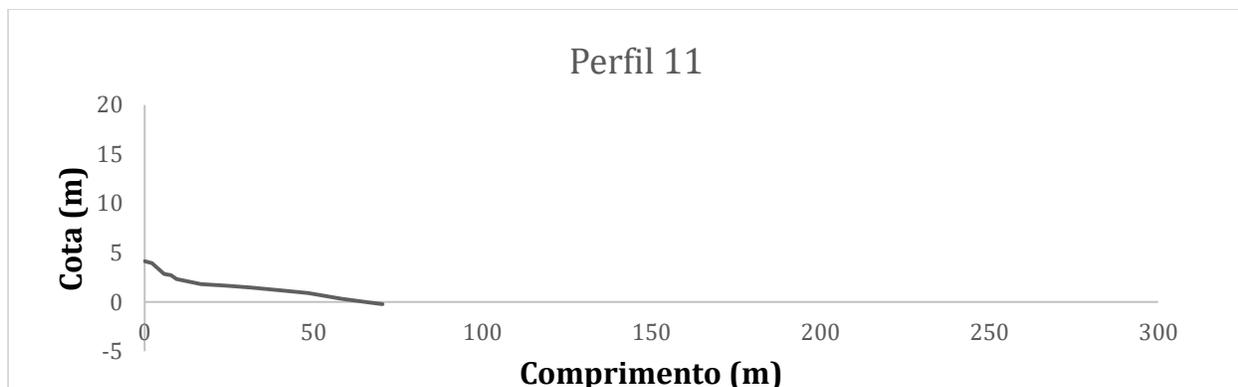


Gráfico 15: Perfil morfológico N° 11.

O perfil 12 foi o último perfil a ser amostrado, ele mostrou um comprimento de apenas 36m, esse valor tão baixo está relacionado a subida do nível do mar devido a maré que impossibilitou a coleta de dados mais offshore na região da antepraia. As feições encontradas no local foram duna frontal, estirâncio e antepraia e a análise granulométrica mostrou a predominância de areia média na região da duna frontal e areia grossa a fina no estirâncio e antepraia.



Gráfico 16: Perfil morfológico N° 12.

Nota-se uma perda de sedimento a partir da cota de 50 m de cada perfil, isto pode estar associado a formação de um canal na região de antepraia que funciona como uma armadilha de sedimento para esses perfis durante a subida e descida das marés.

O resultado da análise granulométrica para classificação pelo diâmetro médio do grão teve predominância de areia média (62%) sendo seguido por areia fina (27%) e areia grossa (11%). O grau de selecionamento dos grãos ficou bastante dividido entre

bem selecionada representando 49% das amostras e moderadamente selecionada representando 43% dos sedimentos coletados, os 8% restante foi representada por partículas muito bem selecionadas. Quanto à curtose, 43% dos sedimentos foram classificados como mesocurticos e 33% leptocurticos. Em relação a assimetria, 51% dos sedimentos foram apontados como aproximadamente simétricos.

As interpretações da história geológica dos depósitos sedimentares podem ser auxiliadas através de estudos morfoscópicos, que se trata de um método qualitativo (BORBA, 1999). As formas das partículas podem indicar a origem do sedimento. Em geral os grãos de origem eólica possuem superfícies foscas, já os de origem subaquáticas possuem superfícies polidas. Para realizar a identificação dos grãos foi utilizada a visualização gráfica sugerida por KRUBEIN & SLOSS (1963, *apud* PONZI, 1995), os grãos foram classificados de acordo com os graus de arredondamento e esfericidade (Tabela 2).

Foram analisadas 37 amostras, cada uma representada pela maior frequência granulométrica. Os grãos predominantes nas amostras foram os de quartzo com pouca presença de material biológico. Além disso houve pouca variação em relação aos graus de arredondamento e esfericidade. As amostras foram divididas por perfis e apresentadas na forma de porcentagem.

Tabela 2: Classificação de acordo com os graus de arredondamento e esfericidade.

AMOSTRAS	ESFERICIDADE				ARREDONDAMENTO				
	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
P1 Pós-praia	3	4	16	27		1	13	20	16
P1 Estirâncio	11	5	16	18	5	11	12	14	8
P1 Estirâncio	5	7	5	33		9	7	20	14
P1 Antepraia	6	7	2	35	2	4	11	19	14
P2 Duna Frontal	7	13	3	27	1	9	8	18	14
P2 Pós-praia	6	3	20	21		3	7	17	23
P2 Estirâncio	3	5	18	24	3	9	14	15	9
P2 Estirâncio	9	2	6	33		6	7	17	20
P2 Antepraia	11	17	9	13	4	8	1	26	11
P3 Pós-praia	14	12	3	21	5	5	11	14	15
P3 Estirâncio	14	10	7	19	5	7	10	21	7
P3 Antepraia	7	5	13	25	2	5	10	15	18
P4 Duna Frontal	2	3	11	34		1	10	19	20
P4 Estirâncio	14	5	6	25	4	7	13	16	10
P4 Antepraia	6	6	8	30	5	3	7	17	18
P5 Pós-praia	13	13	7	17		2	4	23	21
P5 Estirâncio	4	2	18	26		5	8	19	18
P5 Antepraia	7	9	15	19	5	7	6	17	15
P6 Pós-praia	5	10	12	23	1	2	9	26	12
P6 Estirâncio	11	11	10	18	3	8	4	24	11
P6 Antepraia	10	8	10	22	2	3	11	18	16
P7 Duna Frontal	7	4	15	24		4	17	21	8
P7 Estirâncio	12	8	2	28	2	6	12	16	14
P7 Antepraia	4	7	17	22	4	3	13	16	14
P8 Estirâncio	8	10	9	23	4	11	11	17	7
P8 Antepraia	6	7	4	33	1	10	12	14	13
P9 Pós-praia	3		11	36	1	5	11	7	26
P9 Estirâncio	20	1	9	20	8	5	8	16	13
P9 Antepraia	5	4	8	33	2	6	10	19	13
P10 Pós-praia	7	3	14	26		4	8	19	19
P10 Estirâncio	3	2	9	36		2	8	20	20
P10 Antepraia	9	4	10	27		5	9	21	15
P11 Estirâncio	1	7	24	18	1	9	18	14	8
P11 Antepraia	5	4	7	34		2	6	22	20
P12 Duna Frontal	10	8	2	30	2	6	8	20	14
P12 Estirâncio	1	5	21	23	1	1	8	21	19
P12 Antepraia	6	4	8	32	1		2	12	35

Fonte: Autores (2018)

No perfil 1 o grau de arredondamento variou de anguloso a muito arredondado, predominando arredondado (37%) e muito arredondado (26%). O grau de esfericidade apresentou-se predominantemente alto (57%), refletindo as condições deposicionais dos sedimentos.

Já o perfil 2, o grau de arredondamento apresentou predominância de partículas arredondadas (37%) e muito arredondadas (31%), sendo a minoria representada pelas partículas angulosas (3%). Os sedimentos possuem um grau de esfericidade predominantemente alto (47%) sobre o baixo (14%).

No perfil 3, como nos anteriores, o grau de arredondamento variou de anguloso com menor representatividade (8%) a muito arredondado (27%) porém a predominância foi de sedimentos arredondados (33%), indicando que as amostras sofreram retrabalhamento. O grau de esfericidade continuou alto (43%).

O perfil 4 apresentou grau de arredondamento predominantemente arredondado (35%). Enquanto que a variação da esfericidade foi alta sendo representada por 59% das amostras.

No perfil 5 o padrão apresentado anteriormente de predominância de amostras arredondadas foi seguido, neste perfil a maior representatividade foi de sedimentos arredondados (39%) e grau de esfericidade alto (41%).

O perfil 6 apresentou predominância de sedimentos arredondados (45%). A esfericidade foi alta, sendo representada por 42% das amostras.

No perfil 7 houve uma diminuição da representatividade dos sedimentos classificados como arredondados (35%) porém continuou apresentando bastante relevância frente a distribuição dos demais. A esfericidade se manteve alta sendo indicada por 49% dos sedimentos analisados neste perfil.

O que pode ser observado no perfil 8 é uma diminuição da porcentagem de grãos arredondados (31%) e aumento significativo dos sedimentos sub-angulados (21%), o que mostra uma possível mudança no processo deposicional dos sedimentos. A esfericidade neste perfil permaneceu alta sendo representada por (56%) dos sedimentos analisados.

No perfil 9, a tendência de redução da porcentagem de sedimentos arredondados continuou, as amostras muito arredondadas foram predominantes (35%) e houve novamente um aumento na representatividade dos sedimentos angulados e sub angulados. A esfericidade se manteve alta (59%).

No perfil 10 o grau de arredondamento apresentou alta porcentagem de sedimentos arredondados (40%), além de não possuir, dentro da quantidade de partículas amostradas, grau de arredondamento angular. A esfericidade foi alta, sendo representada por 59% das amostras.

O perfil 11 apresentou grau de arredondamento predominantemente arredondado (36%) apesar do valor ter sido reduzido quando comparado aos perfis anteriores. Além disso, houve um aumento nas partículas sub-anguladas sendo representadas por 11%

do total analisado no perfil. O grau de esfericidade variou de alto a baixo, sendo seu maior valor 52% e o menor 6%.

O último perfil apresentou grau de arredondamento predominante de partículas muito arredondadas (45%), sendo seguido por arredondadas com 35% e apresentado o menor valor partículas angulosas (3%). O grau de esfericidade apresentou uma maior divisão entre as amostras sendo o grau predominante o alto (57%).

Estudos mostram que o grau de arredondamento aumenta com a distância do transporte sedimentar. De acordo com Suguio (2003) o grau de maturidade textural mais alto em arenitos pode ser indicado a partir de grãos mais arredondados e esféricos. A grande predominância de grãos arredondados nas amostras pode indicar que sofreram intenso transporte e retrabalhamento através de fatores como ondas, ventos e marés.

Além disso, a maioria dos sedimentos analisados apresentaram superfície brilhante. De acordo com Cailleux (1945), em ambientes marinhos a maioria dos grãos de quartzo apresentam superfícies polidas, enquanto que em ambientes fluviais apenas uma pequena porcentagem apresenta esse tipo de característica. Pode-se inferir que os grãos têm sua origem em grande parte de ambientes marinhos.

Segundo dados de morfoscopia em sedimentos da mesma região obtidos por Abreu (2016), os sedimentos encontrados próximos a região da antepraia apresentaram-se como provenientes de áreas dunares, diante disto ao comparar com os resultados do presente trabalho onde foi observado que a maioria dos sedimentos possuem origem em ambientes marinhos, portanto pode-se constatar que existe interação entre ambientes subaquáticos e ambientes de transporte eólicos.

Em suma, conclui-se que a erosão local constatada a partir da verificação do recuo da linha de costa não está associada somente ao aumento do nível do mar, mas também a evolução da ocupação e a dinâmica costeira da área (ABREU, 2016).

LEGENDA

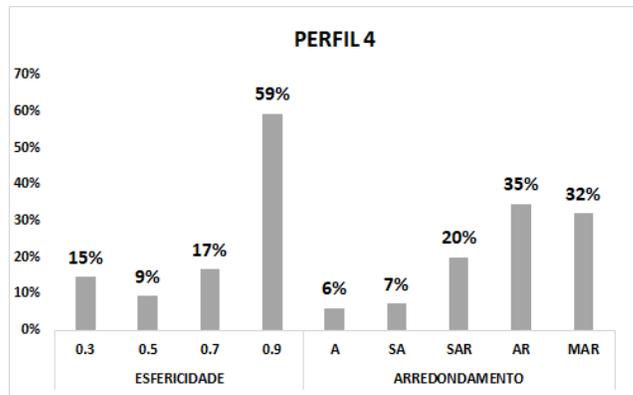
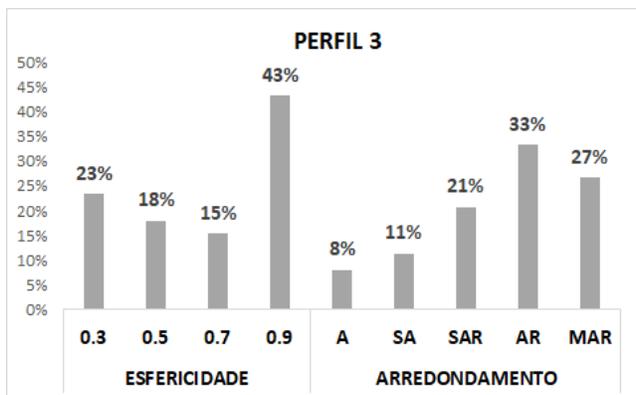
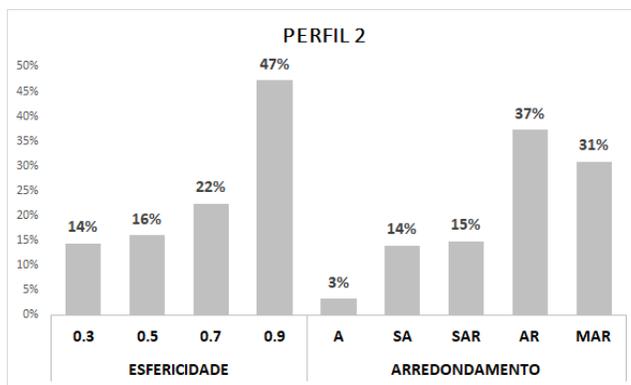
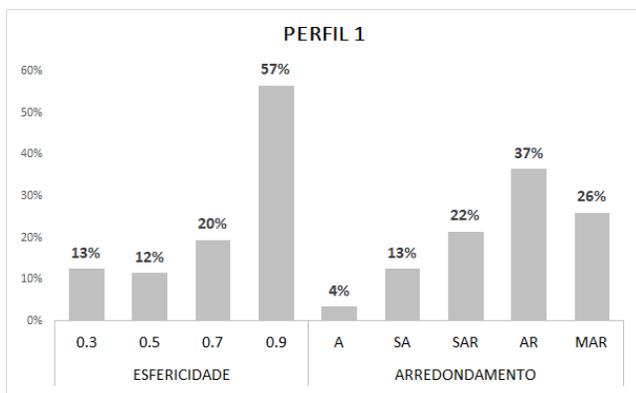
ARREDONDAMENTO

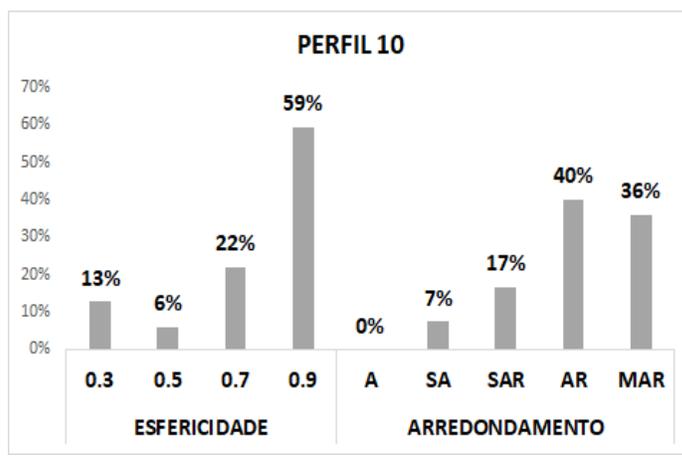
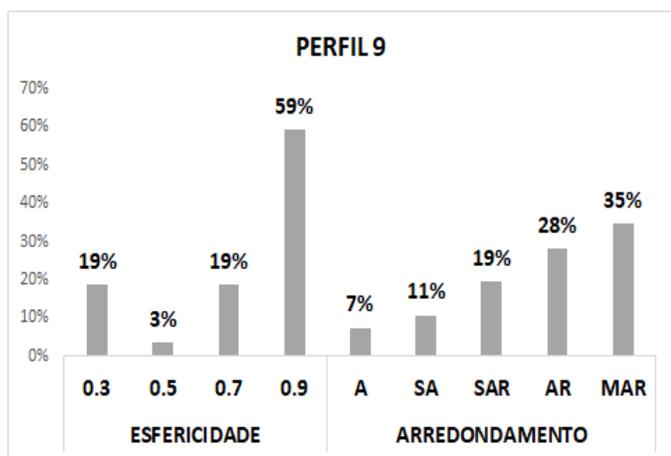
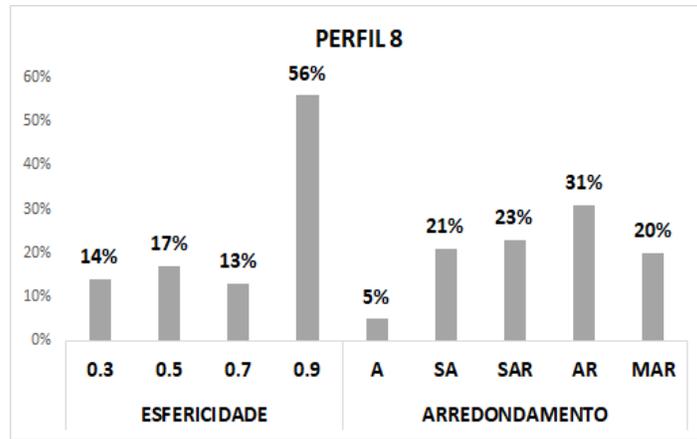
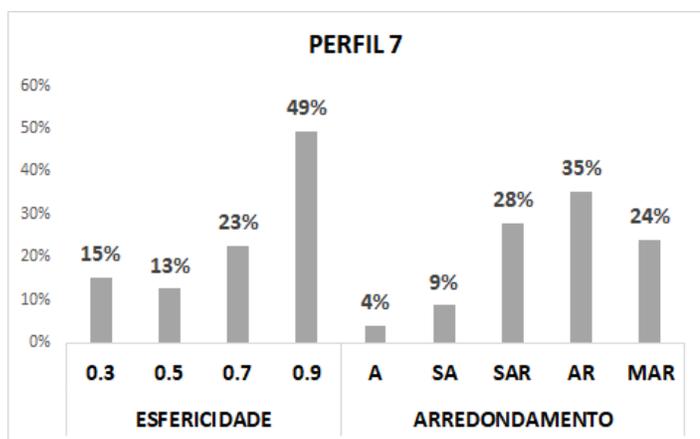
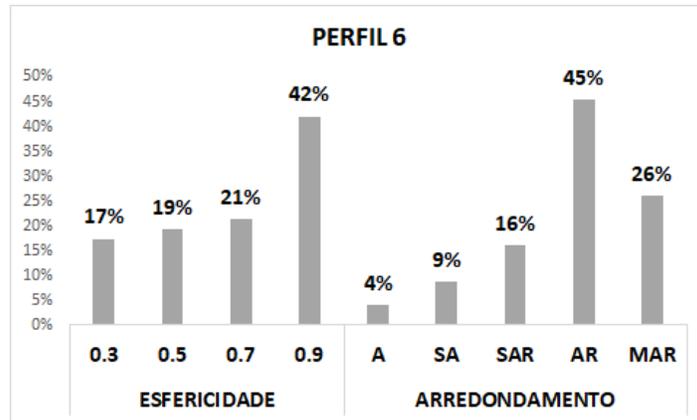
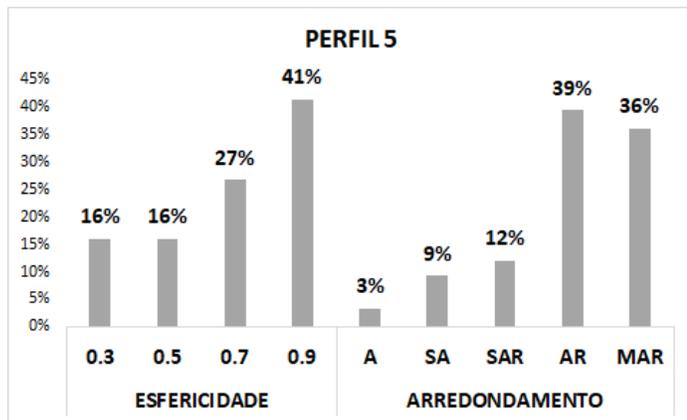
Anguloso(A)
 Sub-anguloso (SA)
 Sub-arredondado (SAR)
 Arredondado (AR)
 Muito arredondado (MAR)

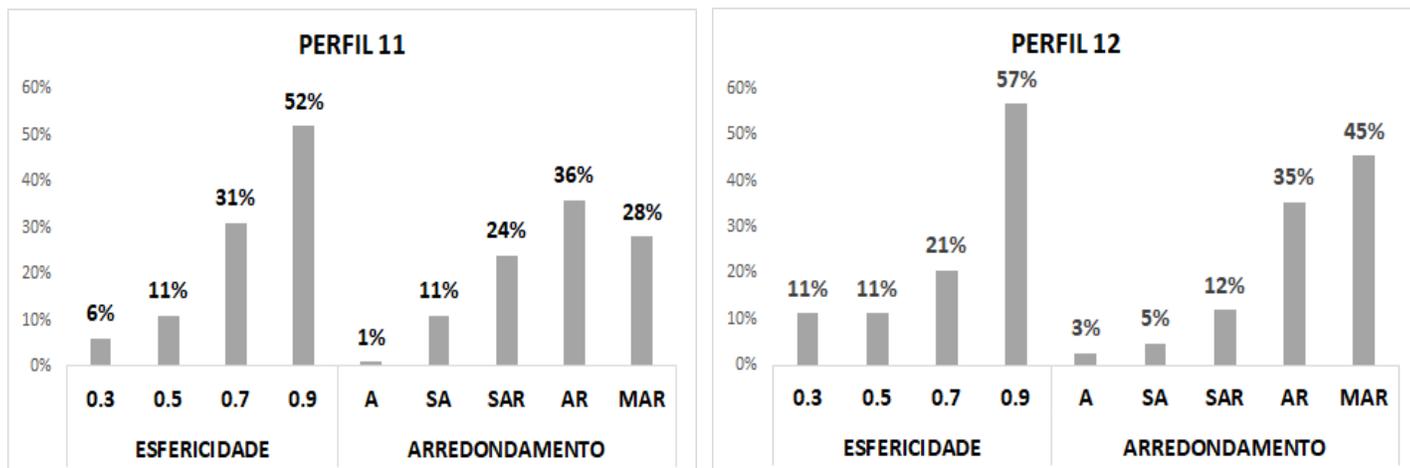
ESFERICIDADE

Baixa (0,3)
 Média (0,5-0,7)
 Alta (0,9)

Gráfico 17: Gráficos de distribuição de frequências relacionadas a graus de esfericidade e arredondamento ao longo dos 12 perfis.







6.3 Influências aos Processos Erosivos na Praia do Iguape

6.3.1 Interferência antrópicas nos processos erosivos

As interferências antrópicas devem ser consideradas como tendo um papel importante frente às modificações litorâneas. Essas modificações podem se dar a partir de ocupação de região de dunas, por exemplo, onde essa prática impede o transporte de sedimento (*bypass*) e ocasiona intensos processos erosivos. Esse tipo de ocupação ocorre na linha de costa da praia do Iguape, grande parte na região de pós-praia.

A praia do Iguape foi ocupada primeiramente por pescadores que viviam da pesca principalmente. Até a década de 1980, de acordo com Oliveira (2009), a praia vivia quase totalmente sem infraestrutura, portanto as ocupações foram feitas de maneira desordenada entre barracas e casas na região à beira-mar.

Através da análise de ocupação entre os anos de 2011 e 2017 pôde-se observar que houve uma diminuição de 28 casas na área ocupada na região de pós-praia, além da destruição parcial da maioria das casas restantes, essa diminuição ao longo de 6 anos pode estar associada a perda de área ocupável devido ao avanço do mar. Foi observado em campo que moradores e proprietários de imóveis estão realizando ações com finalidade de conter o avanço do mar (Figura 13), mas essas contenções não são

consideradas medidas eficazes para essa finalidade pois não são realizados estudos prévios que possuem extrema importância para que os objetivos sejam atingidos, ou seja para que haja uma proteção efetiva das habitações presentes na zona costeira.

Foi observado através das imagens de satélite que no ano de 2011 haviam diversos empreendimentos como barracas de praia, por exemplo, que não se encontram mais presentes no ano de 2018, fato este também visto em campo. O avanço do mar ocasionou a destruição de diversas casas, principalmente as que foram construídas na região de pós-praia e duna frontal.

É possível visualizar que a atual localização da berma já ultrapassou o limite das casas construídas (Figura 14), isso mostra até onde ondas atuam variando de acordo com a subida e descida da maré diária.

Figura 16: Localização atual da berma e antiga localização da barraca de praia.



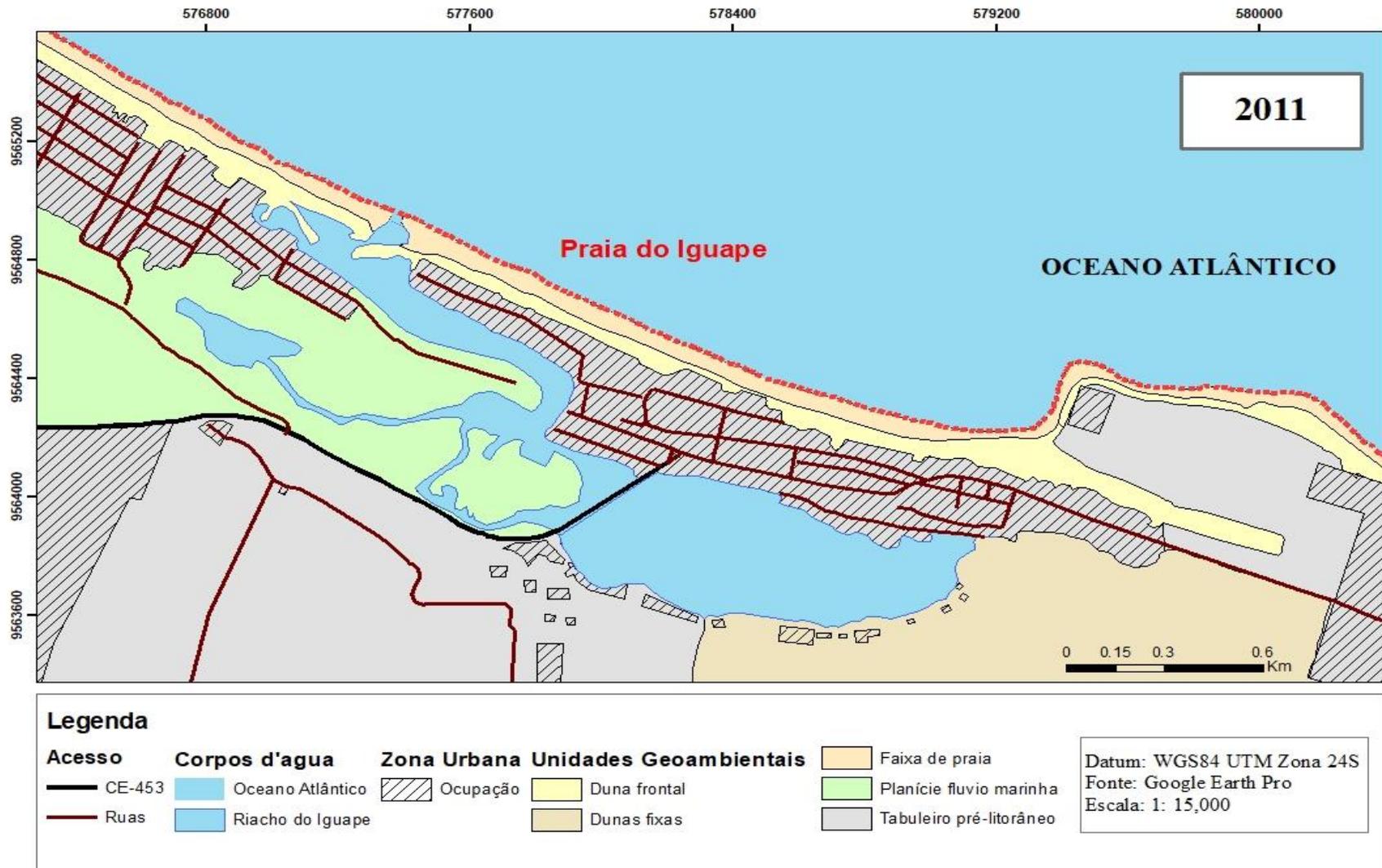
Fonte: Autores (2018)

Figura 17: Medidas protetivas contra o avanço do mar realizadas por moradores



Fonte: Autores (2018)

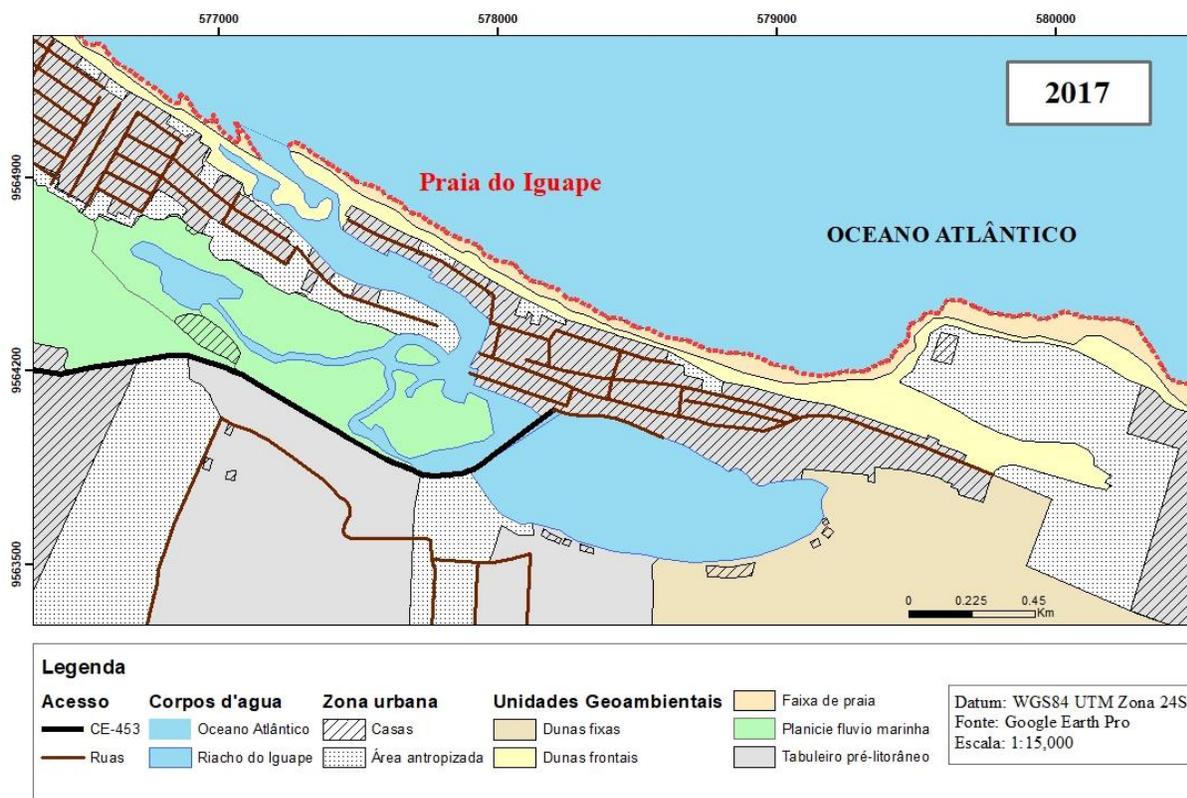
Figura 18: Mapa de uso e ocupação da Praia do Iguape-CE em 2011.



Fonte: Autores (2018)

Segundo Meireles (ano), promontórios que atuam como morfologias vinculadas à dinâmica praia, atuam juntamente com as dunas que bordejam a linha de costa, para fornecer areia para a continuidade da deriva litorânea. Neste mapa (Figura 30), pode-se observar que a mancha da ocupação se concentra principalmente próximo a região de dunas frontais e do promontório, essas alterações podem acelerar a erosão tornando essa área bastante vulnerável, pois impede o by-pass de sedimentos através do transporte eólico de sedimentos. A área ocupada neste ano foi de cerca de 1,405,175.1 m², quando comparada ao mapa de ocupação do ano de 2017 (figura 16) que apresenta uma área construída de cerca de 1,286,166.1 m², vemos uma diminuição da ocupação, além do mapa de 2017 evidenciar um aparecimento de áreas antropizadas, foram consideradas regiões antropizadas os locais desmatados e locais onde antes havia ocupação mas que no presente elas foram destruídas. A área antropizada possui uma extensão de 1229418.9 m².

Figura 19: Mapa de uso e ocupação da Praia do Iguape-CE em 2017.



Fonte: Autores (2018)

7 CONCLUSÃO

- Através da análise temporal da ocupação na praia do Iguape é possível concluir que a erosão tem provocado bastante prejuízos a população local, assim como a proprietários de residências de veraneio que tentam a todo custo proteger suas casas, porém através de meios pouco eficazes. Nota-se que pode haver uma grande perda na economia local pois os turistas que antes visitavam agora optam por outras praias do litoral cearense, mesmo porque o número de barracas e estruturas que facilitam a balneabilidade da praia foram destruídas, tornando-se um local pouco atrativo turisticamente devido a esses fatores.
- A validação dos dados do RTK a partir da comparação dos dados da estação total mostrou que a média da diferença altimétrica para todos os dados do Perfil 2 foi de 0,60 cm entre os dois métodos, o que pode ser considerado tolerável para um erro vertical em um levantamento que tem precisão horizontal na escala do metro.
- Através da análise de variação da linha de costa pode-se inferir uma tendência erosiva que varia sazonalmente de acordo com a dinâmica de ondas da região. Ainda pôde-se observar devido a extensão dos perfis que os localizados próximos as barras arenosas submarinas tiveram maior extensão mostrando que essas estruturas atuam de modo eficaz na proteção da região costeira, promovendo a dissipação da energia das ondas.
- Através da variação espaço-temporal da linha de costa da praia do Iguape é possível verificar que o local apresenta estado erosivo em toda sua extensão com exceção de um setor da praia próximo ao promontório do Iguape devido a presença de uma duna que fornece sedimento para o local. A tendência erosiva no lado direito da desembocadura do riacho do Iguape foi indicada pela taxa de regressão linear simples (LRR) de -3,79 m/ano. Já no setor a barlar do riacho o valor de regressão linear (LRR) máximo foi de -9,98 m/ano, sendo o valor média de -7,44 m/ano.

- A praia do Iguape apresenta na maior parte de sua extensão perfil praiar bastante reduzido sendo iniciado na base da duna frontal. Além disso o resultado da análise granulométrica para classificação pelo diâmetro médio do grão teve predominância de areia média (62%) sendo seguido por areia fina (27%). O grau de selecionamento dos grãos ficou bastante dividido entre bem selecionada representando 49% das amostras e moderadamente selecionada representando 43% dos sedimentos coletados, os 8% restante foi representada por partículas muito bem selecionadas. Quanto à curtose, 43% dos sedimentos foram classificados como mesocurticos e 33% leptocurticos. Em relação a assimetria, 51% dos sedimentos foram apontados como aproximadamente simétricos, indicando que a praia recebe sedimentação proveniente do riacho do Iguape (fluvial), eólico e do próprio ambiente praiar.
- Os resultados das análises morfoscópicas indicaram a grande predominância de grãos arredondados nas amostras podem indicar que sofreram intenso transporte e retrabalhamento através de fatores como ondas, ventos e marés. Além disso, a maioria dos sedimentos analisados apresentaram superfície brilhante. Pode-se inferir que os grãos têm sua origem em grande parte de ambientes marinhos.
- Considerando toda a relação histórico-social que veio com o desenvolvimento da comunidade da Praia do Iguape, sabe-se que invariavelmente não há como recuperar totalmente tais áreas sujeitas a erosão, já que o transporte de sedimentos que garante esse equilíbrio sedimentar para região foi interrompido a partir da fixação das Dunas decorrente da ocupação antrópica. A destruição de residências está diretamente ligada ao fato das mesmas não obedecerem aos parâmetros legais de distanciamento dos setores praias que possam vir a sofrer influência dos processos decorrentes da circulação costeira.
- A economia do litoral da região metropolitana de Fortaleza é principalmente voltada ao turismo, sendo as praias de Aquiraz um dos principais destinos

escolhidos devido a beleza paisagística e importância histórica e diversidade de ecossistemas. Esses fatores ocasionam uma elevada demanda da zona costeira e devido a sua fragilidade não permite que o local consiga se recuperar desses tipos de alterações.

- Se faz necessário um monitoramento do local para garantir a segurança dos moradores que ainda residem na Praia do Iguape. Além da fiscalização por parte da defesa civil das residências que sofrem a abrasão das ondas pois muitas apresentam estruturas danificadas o que pode ocasionar acidentes perigosos. Ainda é necessário o ordenamento dessa região em relação aos locais em que estão sendo construídas novas casas para evitar posterior agravamento da erosão local. Em suma, é necessária uma conscientização geral tanto por parte da população quanto das autoridades responsáveis para que a região possa ser preservada e ainda garantir sustento às comunidades que dela depende, possibilitando um uso sustentável.

8 REFERÊNCIAS

- ABREU, M.R.M., FERRO, I.M.M., DE ABREU NETO, J.C. AND FREIRE, G.S.S. **Morfoscopia e Transporte Sedimentar da Linha de Costa da Planície Costeira de Aquiraz, Ceará, Brasil.** *Revista de Geologia*, v.29, nº 1, 81 – 91, 2016.
- ABREU, M.R.M., NETO, J.C.A. **Evolução da Linha de Costa da Praia do Iguape, Aquiraz, Ceará, Brasil.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7, pp.44-53. 2014.
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística.** 1ª ed. _ Rio Grande do Sul: Editora Unisinos.165 p. 2003.
- BORBA, A.L.S. **Estudos sedimentológicos, morfodinâmicos e da vulnerabilidade das Praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas, Município do Jaboatão dos Guararapes, PE.** 1999.
- BRANCO, M. P. N. C; DE OLIVEIRA, L. G; CAMPOS, J. E. G. **Proposta de Classificação para as Feições Eólicas do Setor Leste da Região Metropolitana de Fortaleza–Ceará–Brasil.** *Revista de Geociências UNESP*, p. 163-174, 2003.
- BRIGGS, D. **Sediments.** Fakenham, Norkfolk: Fakenham Press limited, 192pp. 1977.
- CAILLEUX, A. **Distinction des galets marins et fluviatiles.** *Bulletin de la Société géologique de France*, 5(7-8), 375-404. 1945.
- CARNEIRO, M. C. S. M., MARQUES DE SÁ, L. A. C., GOMES, E. T. A. **O Monitoramento da Erosão Costeira – Estudo a partir das Praias de Casa Caiada e Rido Doce – Olinda.** XXI Congresso Brasileiro de Cartografia. Brasil. 2003
- CERC - Coastal Engineering Research Center - U.S.Army. **Shore protection manual.** 3.ed.Washington, D.C. : Department of the army corps of Engineers. 3v. 1977.
- CORIOLOANO, L.N.M. **Litoral do Ceará: espaço de poder, conflito e lazer.** *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2):277- 287. 2008.
- CROWELL, M., S.P. LEATHERMAN, M.K. BUCKLEY. **Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy.** *Journal of Coastal Research*, Vol. 7, Nº 3, pp. 839-852.1991.
- DAVIES, J.L. **A morphogenic approach to world shoreline.** *Zeitschrift für Geomorphology*, [S.1.], v.8.,p. 127-142. Mortensen Sonderheft, 1964.
- DIAS, A. J. M. **Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa** *Universidade do Algarve*, 137p. 1993.

DIAS, J.A. **A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinheiros.** *Universidade do Algarve. E-Books.* 2004.

DAVIS JR., R.A.FITZGERALD, D.M. **Beaches and Coasts.** 1^a ed. _Blackwell Publishing, 419p. 2004.

DUANE, D.B. **Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina.** *Journal of Sedimentary Petrology*, 34: 864-874. 1964.

FARIAS, E.G.G.; MAIA, L.P. **Uso de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará, Brasil.** *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 10(4):521-544. 2010.

FOLK, R.L., WARD, W.C. **Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters.** *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26. 1957.

FREIRE, O. D. DA S.; ZAMBONI, A.; MIGUENS, A. P. **Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão.** Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão (MPO), v. 1. 2004.

FUNCEME. **Prognóstico da Quadra Chuvosa de 2012.** XIV Workshop Internacional de avaliação climática para o semiárido nordestino. 2012. Disponível em <<http://www.funceme.br/index.php/areas/clima/boletins-quadra-chuvosa>. >. Acesso em: 20 dez. 2012.

GARRISON, TOM. **Fundamentos de oceanografia.** *Cengage Learning*, 2010.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: The Scientific Basis.** 2001.

JESUS, L. V., ANDRADE, A. C. S. **Parâmetros Granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas–Aracaju–SE.** *Scientia Plena* 9, no. 5 2013.

KOMAR, P. D. **Beaches Processes and Sedimentation.** Englewood Cliffs, Pritice – Hall. p.429, 1976.

KRAUS, N.C. & ROSATI J.D. **Interpretation of shoreline – position data for coastal engineering analysis.** Coastal Engineering Technical Note, CETN II-39, U.S. Army, Engineer Research and Development Centre, Vicksburg, M.S. 1997.

LIU, X. et al. A state of the art review on High Water Mark (HWM) determination. **Ocean & Coastal Management**, v. 102, p. 178–190, 2014.

MAIA, G. G. O. **Vulnerabilidade e riscos naturais a eventos de alta energia nas praias semi-urbanas e naturais do litoral de Aquiraz, Ceará.** *Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará.* 2014.

MALLMANN, D. L. B.; ARAÚJO, T. C. M. DE. **Vulnerabilidade física do litoral sul de Pernambuco à erosão.** *Tropical Oceanography*, 38(2), 130-152. 2010.

MARINO, M.T.R.D., FERNANDES, D., MORAES, S.G. AND TAJRA, A.A. **Vulnerabilidade física de parte do litoral leste do Ceará à erosão.** *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 38. 2016.

MARINO, M. T. R. D. **Análise integrada dos aspectos geoambientais e da dinâmica costeira de médio e curto período da planície litorânea entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, Ceará, Brasil.** Fortaleza, Tese (Doutorado em Geologia) – UFC, 2014.

MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S.; HORN FILHO, N. O. **Variações granulométricas ao longo da costa da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil.** *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13(3), 267-282, 2013.

MARTINS, L.R. **Recent Sediments and Grain size analysis.** *Revista Gravel, Porto Alegre.* (1): 90-105. 2003.

MENDES, J.N.V., PINHO, J.L.S. **Erosão costeira–Metodologias para a sua quantificação.** *Engenharia Civil da Universidade do Minho, n. 33, p. 139-150.* 2008.

MEIRELES, A.J.A., MAIA, L.P. **Dinâmica e Erosão Costeira.** 2003.

MEIRELES, A. J. A. **Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície Costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense.** *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia* 2. 2008.

MIGUENS, A. P. **Navegação: A Ciência e a Arte. Vol. I: Navegação costeira, estimada e em águas restritas.** Diretoria de Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil. 1994.

MILONE, G. **Estatística: geral e aplicada.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

MORAIS, J. D., FREIRE, G. S. S., PINHEIRO, L. D. S., SOUZA, M. D., CARVALHO, A. D., PESSOA, P. R. S., & OLIVEIRA, S. H. M. Ceará. **Erosão e progradação do litoral brasileiro.** *Brasília: Ministério do Meio Ambiente*, 132-154. 2006.

MORAIS, J.O., CARVALHO, A., M., COUTINHO, P., N. **Caracterização geoambiental e dinâmica costeira da região de Aquiraz na costa leste do Estado do Ceará.** Revista de Geologia, v. 7, p. 55-68, 1994.

MORAIS, J.O. **Processos e impactos ambientais em zonas costeiras.** revista de geologia da UFC, Fortaleza- CE, V.9, P.191-242,1996.

MORAIS, J. O. et al. Ceará. In: Muehe,D. (org). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**, 1 ed., Brasília: MMA, 2018. p. 261-288.

MUEHE, D. **Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento.** *Revista brasileira de geomorfologia*, 2(1). 2001.

NICOLODI, J. L., PETERMANN, R. M. **Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos.** *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management* 10.2: 151-177. 2010.

NETO, J. B; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à geologia marinha.** *Editores Interciência*, p. 279, 2004.

NICHOLS, G. **Sedimentology and Stratigraphy.** 2ª ed. –UK: Jonh Wiley & Sons Ltd., 419p. 25. Neal, W.J.; Pilkey, O.H.; Kelly, J.T. **Atlantic Coast beaches: a guide to ripples, dunes and other natural features of the seashore.** _Missoula, Montana: Mountain Press Publishing Company, 2007. 250pp. 2009.

OLIVEIRA, G.G. **Análise integrada da linha de costa situada entre o riacho Barro Preto e rio Catu, Aquiraz, Ceará.** *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, 8(16), p.267. 2009.

OLIVEIRA, G.G.; MEIRELES, A.J.A. **Dinâmica geoambiental a partir da "litoralização" de Aquiraz, Ceará, Brasil.** REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, Vol. 5, No2. ISSN 1982-5528. 2010.

PAULA, D.P. **Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade aos processos geogênicos e antropogênicos.** Tese de doutorado - Universidade do Algarve. 2012.

PAULA, D. P. **Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da região metropolitana de fortaleza (ceará, brasil): um contributo para artificialização do litoral, ceará.** REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 9, n. 1, 2015.

PINHEIRO, L.S., MORAIS, J.O., PAULA, J.E.A. **Evolução Morfodinâmica da Praia do Iguape-ce.** *II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa.* 2001.

PONZI, V. R. A. **Métodos de Análises Sedimentológicas de Amostras Marinhas.** Resultados através de gráficos e mapas. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. 36 p. + anexo. 1995.

QUINTELA, T. O. F. **Procedimentos de investigações e avaliações metodológicas no estudo morfológico de feições costeiras.** Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ce. 221 p. 2014.

SILVA, A. C.; FAÇANHA, P.; BEZERRA, C.; ARAUJO, A; PITOMBEIRAS, E. **Características das ondas "Sea" e "Swell" observadas no litoral do Ceará-Brasil: variabilidade anula e inter-anual.** *Tropical Oceanography.* Recife, v. 39, n. 2. p. 17-26. 2011.

SILVA A.L.C.; SILVA M.A.M., RIBEIROG. P.; SANTOS R.A.; VASCONCELOS S.C.Os Leques de Arrombamento e a Retrogradação da Barreira Arenosa da Parte Oeste da Praia de Itaipuaçú, Marica/RJ. *In: SBG, Simpósio de Geologia do Sudeste, 9, Niterói, RJ, atas, p. 187.* 2005.

SILVA, C.G., PATCHINEELAM, S. M., BAPTISTA NETO, J. A., PONZI, V.R.A. **Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa.** *In: BATISTA NETO, J.A et al (org). Introdução à Geologia Marinha.* Rio de Janeiro: Interciências. 2004.

SHORT, A.D. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics.** *Jonh Wiley & Sons, Chichester.* 1999.

SOUSA, R. S; MOURA, P. E. F; DA SILVA, R. S. F. **Diagnóstico socioambiental da ocupação desordenada do campo de dunas na comunidade Iguape/Aquiraz-ce.** *Revista equador,* v. 4, n. 4, p. 21-35, 2015.

SOUZA, CELIA REGINA DE GOUVEIA *et al.* **Quaternário do Brasil - (Cap. 7) Praias Arenosas e Erosão Costeira.** São Paulo, 2005.

SOUZA, C. R. D. G. **A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil.** *Revista da Gestão Costeira Integrada,* v. 9, n. 1, p. 17–37, 2009a.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** Edgard Blücher Ltda./EDUSP, São Paulo, SP, 400pp. 2003.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Ed. Edgard Blucher Ltda. 317 p., São Paulo-SP. 1973.

THIELLER, E. R.; MARTIN, D.; ERGUL, A. **The Digital Shoreline Analysis System, version 2.3. Shoreline change measurement software extension ArcMap 9.0**.USGS Open-File. 2005.

TOMAZELLI, L. **O regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil**. Pesquisas em Geociências, v. 20, n. 1, p. 18-26, 1993.

TOZZI, H. A. D. M., & CALLIARI, L. J. **Morfodinâmica da praia do Cassino, RS**. *Pesquisas em Geociências*, 27(1), 29-42. 2000.

WRIGHT, J.; COLLING, A.; PARK, D.; **Waves, tides and shallow-water processes**. 2nd ed, Oxford, England: Butterworth-Heinemann; Milton Keynes, England: Open University, p.227, 1999.

WRIGHT, L. D. E SHORT, A.D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis**. *Marine Geology*, v.56, p.93-118,1984.