



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

**JOSÉ VICTOR SOUSA NASCIMENTO**

**GEOTECNOLOGIAS COMO SUBSÍDIO PARA GESTÃO  
COSTEIRA: ANÁLISE DOS CICLOS EROSIVOS E  
PROGRADACIONAIS DA LINHA DE COSTA DE ICARAÍ  
DE AMONTADA**

**FORTALEZA**

**2021**

**JOSÉ VICTOR SOUSA NASCIMENTO**

**GEOTECNOLOGIAS COMO SUBSÍDIO PARA GESTÃO  
COSTEIRA: ANÁLISE DOS CICLOS EROSIVOS E  
PROGRADACIONAIS DA LINHA DE COSTA DE ICARAÍ  
DE AMONTADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

Coorientador: Dr. Eduardo Lacerda Barros.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

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

---

- N195g Nascimento, José Victor Sousa.  
Geotecnologias Como Subsídio Para Gestão Costeira: Análise dos Ciclos Erosivos e Progradacionais da Linha de Costa de Icarai de Amontada / José Victor Sousa Nascimento. – 2021.  
107 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.  
Coorientação: Prof. Dr. Eduardo Lacerda Barros.
1. Erosão. 2. Ocupação. 3. Geoprocessamento. I. Título.

CDD 551.46

---

JOSÉ VICTOR SOUSA NASCIMENTO

GEOTECNOLOGIAS COMO SUBSÍDIO PARA  
GESTÃO COSTEIRA: ANÁLISE DOS CICLOS  
EROSIVOS E PROGRADACIONAIS DA LINHA DE  
COSTA DE ICARAÍ DE AMONTADA

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Marinhas Tropicais da  
Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial à obtenção do título  
de mestre em Ciências Marinha  
Tropicais.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Eduardo Lacerda Barros (Coorientador)  
Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará – SEMA

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

Dr. Renan Gonçalves Pinheiro Guerra  
Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará -  
SEMA

A Deus.

Aos meus pais, Inês e Ângelo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, em quem deposito toda a minha fé e as vitórias alcançadas em minha vida. Agradeço aos meus pais, Ângelo e Inês, por sempre comprarem minhas ideias e me apoiarem em minhas decisões. Às minhas irmãs, Kateanne e Karoline, por toda a torcida, e à minha sobrinha, Laura Letícia, que me inspira a sempre fazer o meu melhor.

Aos meus orientadores, professora Lidriana de Souza Pinheiro e Dr. Eduardo Lacerda Barros, por toda a ajuda e orientação, tanto na graduação como no mestrado. Obrigado pela confiança e por ensinarem sobre a vida acadêmica de forma tão singular.

Agradeço também aos membros da banca examinadora, Profa. Maria Ozilea Bezerra Menezes e Dr. Renan Gonçalves Pinheiro Guerra, por todas as contribuições e preocupação em melhorar este trabalho.

Aos professores e funcionários do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, por toda a ajuda no crescimento pessoal, acadêmico e profissional. Agradeço também à secretária da pós-graduação, Isabela, por sempre ser eficiente para resolver burocracias. Um agradecimento especial também aos amigos do Laboratório de Oceanografia Geológica – LOG, do LABOMAR, por toda a parceria durante este período, Karina Pinheiro, Thomas Ravelly, Brunno Franco e Regimário Filho. Agradeço imensamente também à Mônica Pimenta, Maria Cidrônea e Francisco Gleidson.

Aos meus amigos que estiveram comigo durante esta jornada e foram grandes apoios em todos os momentos, Lorena Sampaio e Antônio Derley. Agradeço também a Mariany Ferreira e Isaías Farias por toda a ajuda durante esse período.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela disponibilização de bolsa; e a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, foram importantes para que eu conseguisse trilhar esse caminho e chegar ao final dele. Muito obrigado!

“Faço questão de botar no meu texto  
que pretas e pretos estão se amando.”  
Rincon Sapiência.

## RESUMO

Os processos erosivos e/ou progradacionais repercutem em mudanças morfológicas do perfil praial, sendo a linha de costa a feição que primeiro apresenta as respostas induzidas por esses processos. A erosão costeira pode ser ocasionada por fatores naturais e antrópicos, resultando em um recuo da linha de costa. Assim, a motivação do presente trabalho consiste em analisar os ciclos erosivos e progradacionais da linha de costa da praia de Icaraí de Amontada nas últimas duas décadas com auxílio de geotecnologias, incutindo contribuições ao gerenciamento da costa. A metodologia consistiu em levantamento bibliográfico, cartográfico e em atividades de campo. A partir da interpretação de imagens de satélite *Quickbird*, no *software* ArcGIS 10.5 com a extensão DSAS 5.0, foi realizada a análise multitemporal da variação da linha de costa. As atividades de campo foram conduzidas com auxílio de um RTK, no intuito de obter o posicionamento da linha de costa *in situ*; estabelecimento de pontos de controle para correção de posicionamento das imagens de satélite; levantamentos de dados topográficos do perfil praial; e coleta de sedimentos para o período de 2018 e 2019. Foi efetuada também uma análise relacionada a ocupação na região, observando o aumento de área edificada entre os anos de 2003 e 2019. A partir da análise da variação da linha de costa, pôde-se observar que a praia de Icaraí de Amontada possui um caráter predominantemente erosivo, com taxas máximas alcançando -2,23 m/ano. Também foi visto que a mesma possui um setor que se encontra em progradação devido sua configuração morfológica, obtendo taxas progradacionais de 2,42 m/ano. Um expressivo aumento na área edificada, de cerca de 66397.277 m<sup>2</sup>, na região demonstra a necessidade de um ordenamento costeiro, tendo em vista, principalmente, que, a partir das previsões para as linhas de costa futuras, a praia permanecerá com tendências erosivas, sendo então recomendado um limite para área edificável em Icaraí de Amontada. Esses dados assumem relevância para subsídios a zoneamentos urbano e ambiental, assim como para análises técnicas do licenciamento. Um monitoramento é necessário para uma melhor gestão da região, buscando melhor compreender os processos atuantes na mesma e controlar o avanço desregrado nas edificações.

**Palavras-chave:** Erosão. Ocupação. Geoprocessamento.

## ABSTRACT

The erosive and / or progradational processes of a beach quickly modify it, with the coastline being the first feature to be altered by them. Coastal erosion can be caused by several natural and anthropogenic factors, resulting in a retreat from the coastline. From this, the motivation of the present work consists of, from the use of geotechnologies, monitoring the behavior of the coastline of the beach of Icaraí de Amontada between the years 2003 to 2019 to understand its erosive and progradational cycles. It is also sought, based on forecasts for the coastline in the next 10 and 20 years, to contribute to ordering the occupation of the beach, aiming to minimize the losses caused by the erosive processes that are active. The methodology consisted of bibliographic, cartographic survey and field activities. From the processing of Quickbird satellite images, in the ArcGIS 10.5 software with the extension DSAS 5.0, the multitemporal analysis of the variation of the coastline was carried out. The field activities, which took place in 2018 and 2019, included the acquisition of a coastline in situ, for subsequent integration with the data obtained through satellite images, and topographic data from 6 monitoring profiles, with the RTK equipment and data collection sediments in them. An analysis was also carried out related to occupation in the region, observing the increase in the built area between the years 2003 and 2019. From the analysis of the variation of the coastline, it was observed that the beach of Icaraí de Amontada has a character predominantly erosive, with maximum rates reaching  $-2.23$  m / year. It was also seen that it has a sector that is in progradation due to its morphological configuration, obtaining progradational rates of  $2.42$  m / year. A significant increase in the built area, an increase of about  $66397.277$  m<sup>2</sup> in the region demonstrates the need for coastal planning, mainly considering that, based on forecasts for future coastlines, the beach will remain with erosive tendencies, being then a limit for building area in Icaraí de Amontada is recommended. Monitoring is necessary for better management of the region, seeking to better understand the processes that operate in it and control the unruly progress in buildings.

**Keywords:** Erosion. Occupation. Geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização da área de estudo .....	21
Figura 2	– Compartimentação da praia .....	28
Figura 3	– Indicadores de linha de costa .....	30
Figura 4	– Limites de orla propostos pelo Projeto Orla .....	35
Figura 5	– Montagem da base do RTK, aquisição de dados e software para processamento .....	40
Figura 6	– Localização dos perfis de praia em Icaraí de Amontada .....	41
Figura 7	– Linha de costa adquirida em campo .....	42
Figura 8	– Interface entre os sedimentos secos e úmidos como indicador de linha de costa .....	43
Figura 9	– Delimitação da linha de costa a partir do limite de área vegetada .....	43
Figura 10	– Delimitação da linha de costa a partir da ocorrência de obras de contenção .....	44
Figura 11	– Alcance do nível da água em eventos de preamar de sizígia .....	52
Figura 12	– Linhas de costa da praia de Icaraí de Amontada nos anos de 2003, 2004, 2005, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019 .....	54
Figura 13	– Obra de contenção em edificações próximas à linha de costa.....	57
Figura 14	– Linhas de costa da praia de Icaraí de Amontada entre os anos de 2003 a 2019 .....	58
Figura 15	– Posições das linhas de costas futuras em 2029 e 2039 e proposição de limite para edificação .....	59
Figura 16	– <i>Zoom</i> das linhas de costas futuras de 2029 e 2039 e do limite de edificação no setor mais ocupado da praia de Icaraí de Amontada .....	61
Figura 17	– Área edificada em terrenos de marinha .....	62
Figura 18	– Mapeamento da ocupação da praia de Icaraí de Amontada em 2003 .	64
Figura 19	– Mapeamento da ocupação da praia de Icaraí de Amontada em 2019 .	64

Figura 20 – Quantidade de edificações na frente de praia de Icaraí de Amontada (50 m a partir da LPM).....	66
Figura 21 – Duna e eolianito.....	81
Figura 22 – Plataforma de abrasão.....	81
Figura 23 – Extensão do estirâncio no ponto de monitoramento 2.....	83
Figura 24 – Ocorrência de obras de contenção nas edificações próximas à linha de costa.....	85
Figura 25 – Obras de contenção próximas à linha de costa.....	87
Figura 26 – Área com intensa ocupação no ponto de monitoramento 3.....	87
Figura 27 – Vegetação de mangue e área inundável.....	88
Figura 28 – Área de abrangência da vegetação de mangue.....	89
Figura 29 – Ponte sobre a área inundável.....	89
Figura 30 – Imagem aérea demonstrando a duna capeando o eolianito.....	92
Figura 31 – Eolianito capeado pela duna.....	93
Figura 32 – Duna formada em cima de eolianito, em 2018 e 2020, respectivamente.....	93
Figura 33 – Utilização de palhas de coqueiros na região da duna como tentativa de reter o sedimento.....	94
Figura 34 – Pousada construída em cima da duna.....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Precipitação anual do município de Amontada/CE, entre os anos de 1991 a 2019 .....	26
Gráfico 2	– Precipitação anual de Icarai de Amontada, entre os anos de 2000 a 2019 .....	26
Gráfico 3	– Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método EPR .....	52
Gráfico 4	– Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método LRR .....	53
Gráfico 5	– Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método EPR .....	55
Gráfico 6	– Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método LRR .....	56
Gráfico 7	– Classificação das edificações na frente de praia de Icarai de Amontada.....	66
Gráfico 8	– Classificação geral pelo diâmetro médio do grão.....	68
Gráfico 9	– Porcentagem individual do diâmetro médio do grão.....	69
Gráfico 10	– Frações granulométricas dos pontos de monitoramento em outubro/2018.....	71
Gráfico 11	– Frações granulométricas dos pontos de monitoramento em julho/2019.....	71
Gráfico 12	– Classificação geral pelo grau de seleção.....	72
Gráfico 13	– Porcentagem individual do grau de selecionamento dos grãos.....	73
Gráfico 14	– Classificação geral pela curtose.....	75
Gráfico 15	– Porcentagem individual da curtose dos grãos.....	76
Gráfico 16	– Classificação geral pela assimetria.....	78
Gráfico 17	– Porcentagem individual do grau de selecionamento dos grãos.....	79

Gráfico 18 – Ponto de monitoramento 1 nos anos de 2018 e 2019.....	82
Gráfico 19 – Ponto de monitoramento 2 nos anos de 2018 e 2019.....	84
Gráfico 20 – Ponto de monitoramento 3 nos anos de 2018 e 2019.....	86
Gráfico 21 – Ponto de monitoramento 4 nos anos de 2018 e 2019.....	90
Gráfico 22 – Ponto de monitoramento 5 nos anos de 2018 e 2019.....	91
Gráfico 23 – Ponto de monitoramento 6 nos anos de 2018 e 2019.....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Histórico da criação do município de Amontada .....	23
Quadro 2 – As principais causas da erosão costeira no Brasil (de ordem natural e antrópicas) .....	32
Quadro 3 – Dados de marés nos dias dos trabalhos de campo .....	37
Quadro 4 – Dados de altitude do referencial de nível, em metros, e de coordenadas UTM do ponto inicial de cada ponto de monitoramento .....	39
Quadro 5 – Parâmetros utilizados para determinação da linha de costa nos pontos de monitoramento .....	44
Quadro 6 – Características das imagens de satélites e ortofotocarta utilizadas .	47
Quadro 7 – Período, imagens, datas, transectos, espaçamento, comprimento e período das análises realizadas através do DSAS .....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CE	Ceará
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DSAS	<i>Digital Shoreline Analysis System</i>
EPR	<i>End Point Rate</i>
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LPM	Linha de Preamar Máxima
LRR	<i>Linear Regression Rate</i>
NM	Nível do Mar
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
2	OBJETIVOS .....	20
	2.1 Objetivo geral .....	20
	2.2 Objetivos específicos .....	20
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	21
	3.1 Aspectos históricos .....	22
	3.2 Aspectos dinâmicos do litoral .....	24
	3.2.1 Regime de ondas e marés .....	24
	3.2.2 Regime de ventos .....	25
	3.2.3 Precipitação .....	25
4	REFERENCIAL TEÓRICO .....	28
	4.1 Ambiente praias .....	28
	4.2 Linha de costa .....	29
	4.3 Erosão costeira .....	30
	4.4 Ocupação da zona costeira .....	33
5	MATERIAL E MÉTODOS .....	37
	5.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico .....	37
	5.2 Aquisição de dados .....	37
	5.2.1 Perfis de monitoramento .....	38
	5.2.2 Delimitação da linha de costa .....	41
	5.3 Etapa de laboratório .....	44
	5.3.1 Análise granulométrica .....	44
	5.3.2 Parâmetros estatísticos granulométricos .....	45
	5.4 Buffers.....	46
	5.5 Etapa de gabinete .....	46
	5.5.1 Análise da variação da linha de costa .....	46
	5.5.2 Cálculo das linhas de costa futuras .....	48
	5.6 Processamento dos dados topográficos .....	49
	5.7 Análise da ocupação a partir da utilização de buffers .....	49
	5.8 Evolução das edificações .....	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51

6.1	Variação da linha de costa .....	51
6.1.1	<i>Linhas de costa futuras</i> .....	59
6.2	Análise da ocupação de Icaraí de Amontada a partir da utilização de <i>buffers</i> .....	61
6.3	Análise do aumento da ocupação em Icaraí de Amontada .....	63
6.4	Caracterização morfológica e sedimentológica de Icaraí de Amontada ...	67
6.4.1	Parâmetros sedimentológicos .....	68
6.4.2	Caracterização morfológica .....	80
6.4.2.1	<i>Ponto de monitoramento 1</i> .....	80
6.4.2.2	<i>Ponto de monitoramento 2</i> .....	83
6.4.2.3	<i>Ponto de monitoramento 3</i> .....	85
6.4.2.4	<i>Ponto de monitoramento 4</i> .....	88
6.4.2.5	<i>Ponto de monitoramento 5</i> .....	91
6.4.2.6	<i>Ponto de monitoramento 6</i> .....	95
7	CONCLUSÕES .....	97
8	REFERÊNCIAS .....	99

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras configuram uma das regiões do planeta que estão em constante mudança em decorrência de diversas ações naturais e da atividade antrópica (SUGUIO, 2003; BIRD, 2008). Dentre os ambientes das zonas costeiras estão as praias, caracterizadas por sua dinamicidade e que, devido a grande interação com elementos como ventos, ondas e sedimentos, são facilmente modificadas (BROWN & MCLACHLAN, 1990; SHORT, 1999), podendo assim, erodir ou progradar em um curto período de tempo, bem como a médio e longo prazo.

Ao ocorrerem variações morfológicas nas praias, a primeira feição geomorfológica a ser modificada é a linha de costa (MAZZER *et al.*, 2009). A linha de costa, do ponto de vista conceitual e científico, pode ser definida pela linha de preamar máxima (LPM), que é o melhor indicador para delimitar a interface terra/água em estudos de linha de costa (DOLAN *et al.*, 1978; CROWELL, LEATHERMAN, BUCKLEY, 1991).

Esse indicador é inferido a partir da diferença de coloração da areia entre a parte úmida e a parte seca, sendo de fácil visualização e percepção em fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto. Contudo, devido a sua complexidade de definição absoluta, Boak & Turner (2005) afirmam que a linha de costa possui 23 outros indicadores que podem ser utilizados, como a base da duna frontal, o limite de vegetação, a existência de obras de contenção, entre vários outros.

A erosão costeira configura uma problemática mundial, uma vez que aproximadamente 70% das praias arenosas do mundo estão passando por processos erosivos, ao passo que menos de 10% das mesmas estão em processo de progradação (BIRD, 2008; LUIJENDIJK *et al.*, 2018). Segundo Bird, diversos são os fatores que ocasionam esse elevado índice erosivo mundial, entre eles: a) ação mais intensa das ondas nas costas; b) redução do aporte sedimentar proveniente de rios, falésias e dunas; c) extração de areia das praias e etc.

Na região Nordeste do Brasil, as taxas de erosão estão entre as maiores, se comparadas ao resto do país, com cerca de 60% da linha de costa sob processo erosivo. Todos os estados nordestinos apresentam taxas de erosão em suas praias, sendo os estados com maiores níveis, a saber: Rio Grande do Norte

(60%), Sergipe (38%), Pernambuco (32%) e o Ceará (30%), a situação vem se agravando na última década nesses dois últimos Estados (MUEHE, 2018).

As taxas erosivas são maximizadas por fatores como a construção de barragens ao longo dos rios retendo os sedimentos de origem fluvial nas bacias hidrográficas (MORAIS *et al.*, 2008; MORAIS e PINHEIRO, 2011), ocupação de áreas-fonte de sedimentos, impedindo o transporte de deriva litorânea, os impactos provenientes de obras portuárias e de obras de engenharia costeira como a construção de espigões, enrocamentos, *bagwalls* e etc, e o caráter intermitente dos rios, que promove um aporte de sedimentos fluviais relevante apenas durante o período chuvoso da região (MORAIS, 1981; FARIAS, 2008; FARIAS e MAIA, 2009; PAULA *et al.*, 2015, MORAIS *et al.*, 2018).

A erosão costeira é, de certo modo, uma problemática antropogênica, uma vez que, se não houvessem pessoas morando cada vez mais próximas à linha de costa, esse fenômeno não configuraria um problema para o homem (DOMINGUEZ, 2007). Quando se discute essa problemática, a erosão costeira não é apenas um problema exclusivo das praias localizadas nas grandes cidades, a exemplo do que é visto no Estado do Ceará. Pequenos povoados litorâneos se deparam com a necessidade de adaptação e mitigação ao avanço do mar, sejam eles causados por impactos antropogênicos *in loco* ou por mudanças em escalas regionais e globais, a exemplo do que pode visto em Barreiras da Sereia, em Icapuí (BARROS, 2018), Arpoeiras, em Acaraú (MORAIS *et al.*, 2018), Parajuru (GUERRA, 2018), Pontal de Maceio (MORAIS e PINHEIRO, 2008; DUARTE, 2018).

É preciso destacar que esses locais, por serem distantes dos grandes centros urbanos, dispõem de grandes parcelas de terrenos não edificados, custo de vida e de lazer relativamente baixo, além das belezas naturais, vêm atraindo investimentos para a expansão do turismo, com destaque para o turismo de sol, praia e mar. Nesse contexto, é preciso enfatizar o desenvolvimento dos esportes aquáticos, como o *kitesurf*, como um grande atrativo para a visitação nessas áreas.

Associado a isto surgem novas demandas como a construção de hospedagens, restaurantes, bares e escolas de esportes náuticos à beira mar, como pode ser observado no litoral Oeste do Estado do Ceará. Há de se destacar que esses povoados podem sofrer a influência de praias com turismo

consolidado localizados no entorno, a exemplo da praia de Icaraí de Amontada, localizada a 196 km de Fortaleza e a 149 km de Jericoacoara.

A execução do presente trabalho ocorreu durante a pandemia do novo Coronavírus (SARS-CoV2), o que acarretou em algumas dificuldades durante o processo, como a impossibilidade de trabalhos de campo na área de estudo, o que impossibilitou levantar conjunto de dados com maior representação temporal. Apesar disso, os levantamentos eclodem como os primeiros ensaios, para servir como ponto de partida para futuros trabalhos na região. Por essa razão, houve uma utilização maior de dados de satélites e uso de ferramentas SIG para incorporar as respostas desta pesquisa, como propôr contribuições para o gerenciamento costeiro na região a partir de dados de projeções de linhas de costa futuras e pela observação do incremento de edificações em Icaraí de Amontada, buscando propôr um limite para áreas edificáveis na praia, visando um menor impacto da erosão costeira nas construções.

A praia de Icaraí de Amontada sofreu um expressivo processo de expansão turística, o que ocasionou em um adensamento de edificações voltadas a este fim (como hotéis, pousadas, restaurantes e barracas) próximo à linha de costa. A expansão dos mais diversos tipos de usos de áreas costeiras requer cada vez mais um sistema de organização e planejamento que poderá contemplar desde a mediação de conflitos com comunidades tradicionais, usos da terra, novos empreendimentos, geração de renda e o avanço do mar. O modelo de expansão das áreas edificáveis nesses povoados litorâneos está considerando as transformações espaço-temporais em curta e larga escala?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Monitorar o comportamento da linha de costa da praia de Icaraí de Amontada para compreender seus ciclos erosivos e progradacionais e identificar áreas mais ameaçadas pelos processos costeiros ocorrentes na região.

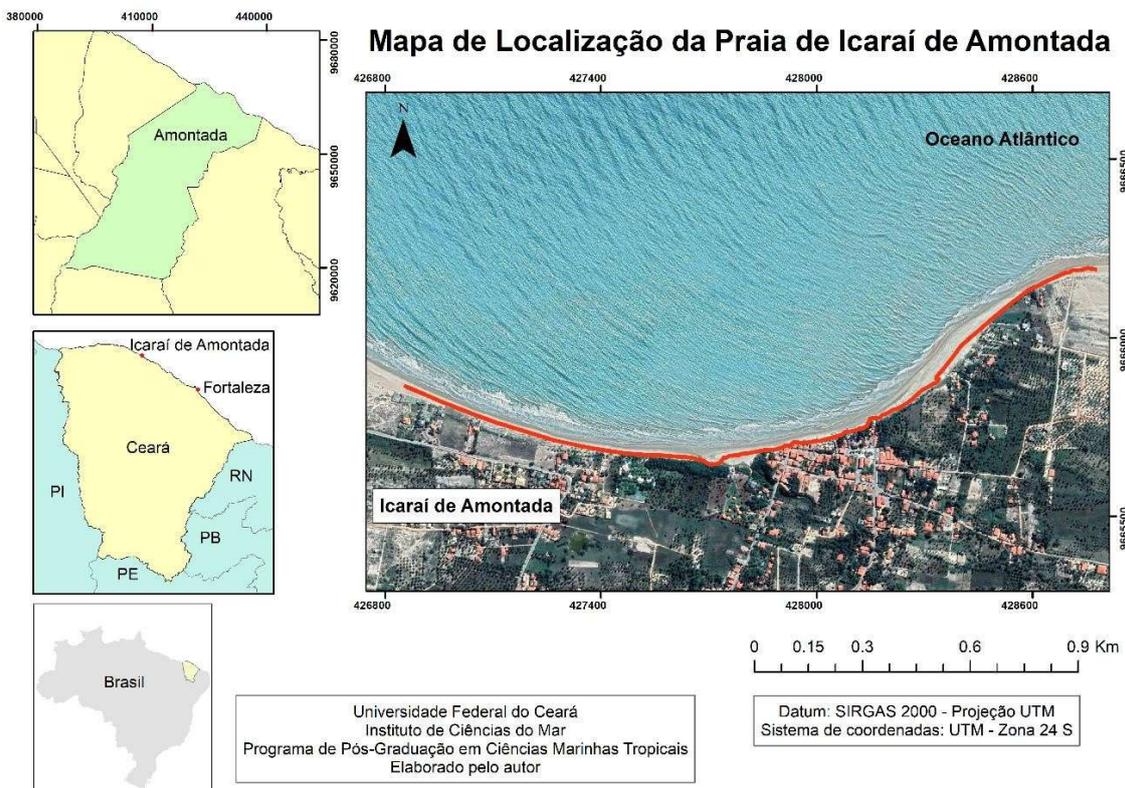
### **2.2 Objetivos específicos**

- Investigar a dinâmica da linha de costa em correlação aos processos ambientais atuantes no litoral de Icaraí de Amontada;
- Efetuar o mapeamento da ocupação da praia de Icaraí de Amontada e sua evolução entre 2003 e 2019, bem como as ocupações existentes em faixas de não-edificação;
- Caracterizar os parâmetros morfossedimentares do ambiente praial de Icaraí de Amontada.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A praia de Icaraí de Amontada encontra-se no município de Amontada, litoral oeste do estado do Ceará, compreendido entre as coordenadas 3° 29' 40" S e 39° 34' 43" W, sendo seus municípios limítrofes: Miraíma, a sul, Itapipoca, a leste e Itarema, Acaraú e Morrinhos a oeste (figura 1). O Oceano Atlântico é o limite a norte. O município dista de Fortaleza cerca de 197 km, sendo seu acesso através da estrada CE-085. Possui uma linha de costa de, aproximadamente, 24km e população estimada de 39.232 habitantes (IPECE, 2017).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: o autor

A praia de Icaraí de Amontada é classificada quanto ao estágio morfodinâmico, de acordo com Pinheiro *et al* (2016), como uma praia de Terraços de Baixa-Mar, (R-LTT) o que significa que o seu perfil emerso é erodido durante os eventos de preamar. Por haver uma plataforma de abrasão e um promontório arenoso na praia de Icaraí de Amontada, a área de sombra dessas unidades acaba por possuir um grau de progradação, ao passo que as áreas seguintes, que sofrem com a difração decorrente dessas mesmas unidades, possuem uma considerável taxa de erosão.

O município é caracterizado quanto ao clima como Tropical Quente Semi-Árido Brando e Tropical Quente Semi-Árido, com temperatura média variando entre 26°C e 28°C e com média pluviométrica de 828,5 mm (IPECE, 2017). De forma geral, o município possui altas temperaturas e baixa amplitude térmica, não ultrapassando os 3°C (MARINO e LEHUGEUR, 2007).

### **3.1 Aspectos históricos**

De acordo com informações disponíveis online no site do município de Amontada (<https://amontada.ce.gov.br/omunicipio.php>, acesso em: 14/06/2021), os registros de ocupação na região que hoje compreende o município de Amontada datam do século 18, com índios Tremembés e missionários catequéticos. O primeiro distrito criado na região foi o São Bento de Amontada, pelo ato provincial de 18/03/1842. A partir de então, houveram diversas mudanças relacionadas ao distrito, como visto no quadro 1, até ser definido como município em 1985 pela lei estadual nº 11010, de 5/12/1985, desmembrando-se de Itapipoca. Não se sabe ao certo quando a vila de pescadores de Icaraí de Amontada surgiu, entretanto Icaraí foi incorporada como distrito de Amontada pela mesma lei do município.

Quadro 1: Histórico da criação do município de Amontada.

<b>Principais marcos históricos oficiais da criação do município de Amontada</b>
Distrito criado com a denominação de São Bento da Amontada, pelo ato provincial de 18-03-1842 e lei provincial nº 1579, de 18-12-1873 ou 18-09-1873
Elevado à categoria de vila com a denominação de São Bento da Amontada, pela lei provincial nº 2082, de 29-08-1884, e decreto estadual nº 14, de 23-03-1892.
Pelo decreto estadual nº 8-A, de 10-03-1892 e lei estadual nº 791, de 01-08-1905, a vila é extinta, sendo seu território anexado ao município de Itapipoca.
Pelo decreto estadual nº 448, de 20-12-1938, o distrito de São Bento da Amontada passou a denominar-se São Bento.
Pelo decreto-lei estadual nº 1114, de 30-12-1943, o distrito de São Bento passou a denominar-se Amontada.
Elevado à categoria de município com a denominação de Amontada, pela lei estadual nº 6447, de 29-07-1963, desmembrado de Itapipoca. Sede no antigo distrito de Amontada. Constituído de 4 distritos: Amontada, Aracatiara, Nascente e Poço Comprido. Criado pela mesma lei do município.
Pela lei estadual nº 8339, de 14-12-1965, é extinto o município de Amontada, sendo seu território anexado ao município de Itapipoca.
Elevado novamente à categoria de município com a denominação de Amontada, pela lei estadual nº 11010, de 05-12-1985, desmembrado de Itapipoca. Sede no antigo distrito de Amontada. Constituído de 3 distritos: Amontada, Aracatiara e Icaraí, criado pela mesma lei do município. Instalado em 01-01-1986.
População atual estimada: 42508 habitantes.

Fonte: adaptado do site do município de Amontada (<https://amontada.ce.gov.br/omunicipio.php>). Acesso em 14/06/2021.

Cada vez mais a região é buscada devido seu grande atrativo turístico, decorrente da proximidade com grandes cidades turísticas, como Jericoacoara, bem como pelo atrativo paisagístico e por ser uma praia com maior tranquilidade, se comparada a outras praias famosas. Essa grande procura, já resulta em grande ocupação da linha de costa, como construções de grandes pousadas, restaurantes e barracas de praia.

## 3.2. Aspectos dinâmicos do litoral

### 3.2.1. Regime de ondas e marés

As ondas do litoral cearense possuem uma forte componente de leste, com direções que variam nos quadrantes leste, leste-nordeste e leste-sudeste, sendo essa direção intrinsecamente associada aos ventos (MORAIS *et al.*, 2006; MORAIS *et al.*, 2018). A ocorrência de ondas do tipo *sea* são mais comuns do que as ondas do tipo *swell*, ocorrendo durante todo o ano (MAIA, 1998). Já ondas do tipo *swell* são mais frequentes no primeiro semestre, em decorrência da diminuição dos ventos alísios de sudeste e do aumento de turbulências no Atlântico Norte (MORAIS *et al.*, 2006; MORAIS *et al.*, 2018).

Pinheiro *et al.* (2016), apontam que, no litoral cearense, 80% das ondas que ocorrem são do tipo *sea* (com períodos de até 8 segundos) e os outros 20% são ondas do tipo *swell* (com período a partir de 10 segundos); a altura significativa das ondas no Porto do Pecém (costa oeste) estão predominantemente entre 1,1 e 1,6 m, com seus maiores valores ocorrendo entre agosto e dezembro (SILVA *et al.*, 2011); já a direção predominante das ondas é de leste-sudeste, e durante a ocorrência de *swell*, norte-nordeste (MAIA, 1998; CARVALHO *et al.*, 2007).

As ondas, por si só, não configuram um grande agente erosivo na praia de Icaraí de Amontada, devido a extensão do seu perfil emerso. Porém, quando associadas às marés de sizígia e eventos de grandes marés (como marés equinociais), podem ocasionar erosão na região, uma vez que praias com características dissipativas comumente apresentam uma maior resposta erosiva quando o nível do mar aumenta (MUEHE, 2001; AGUIAR, FREIRE e CARVALHO, 2013).

O regime de marés no estado do Ceará é caracterizado por marés semidiurnas, ocorrendo duas preamares e duas baixa-mares durante o dia. São classificadas quanto a sua amplitude como mesomarés, com amplitude máxima de 3,2 m (MORAIS, 1981; MAIA, 1998; MORAIS *et al.*, 2018). As marés na praia de Icaraí de Amontada são particularmente importantes, uma vez que, por ser uma praia de terraços de baixa-mar com domínio dissipativo, sua ação aumenta o alcance das ondas e, conseqüentemente, o potencial erosivo na região, como já citado acima.

### **3.2.2. Regime de ventos**

A zona costeira do estado do Ceará sofre bastante influência dos ventos alísios, tendo um incremento maior entre os meses de julho a novembro, sendo suas velocidades máximas, em média, em setembro (FARIAS, 2008). A velocidade dos ventos varia entre 3 a 9 m/s e a justificativa para os ventos mais intensos no segundo semestre do ano se dá pela maior atuação dos ventos alísios provenientes de sudeste (MAIA, 1998; MORAIS *et al.*, 2018). A velocidade média anual dos ventos no Ceará são de 4,53 m/s, com seus valores aumentando gradativamente entre os meses de julho e novembro e, a partir de novembro, inicia-se uma diminuição gradual na velocidade, diminuindo até o mês de março (FARIAS, 2008). Sua direção é, predominantemente, de leste durante o ano, devido, principalmente, aos ventos alísios (PINHEIRO *et al.*, 2016).

Claudino-Sales e Carvalho (2014) relatam que a intensidade dos ventos aumenta ao passo que a precipitação diminui, coincidindo sua maior intensidade com o período de estio. Afirmam também que durante o período chuvoso a velocidade dos ventos diminui aproximadamente a metade, se comparada ao período seco.

### **3.2.3. Precipitação**

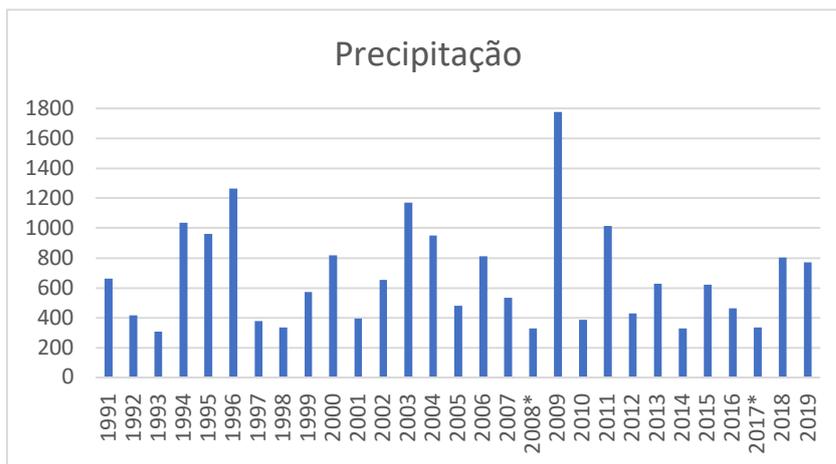
A precipitação no estado do Ceará se dá principalmente no primeiro semestre, correspondendo a cerca de 92% da precipitação total anual e complementa que 62%, aproximadamente, precipita em apenas três meses do ano, podendo ser fevereiro, março e abril ou março, abril e maio (Morais *et al.* (2018).

Os meses de março, abril e maio são, na maioria dos anos, os que detém maior percentual de precipitação no ano no município de Amontada, de acordo com Marino e Lehugeur (2007), em concordância com o autor *op cit.*, concentrando cerca de 65% da precipitação anual do município

De acordo com dados obtidos através dos postos pluviométricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME – instalados no município de Amontada, sendo um em direção ao interior e outro em Icaraí de Amontada, foi observado que a média anual de pluviosidade no posto referente ao município de Amontada é de 800 mm, ao passo que no posto instalado na praia de Icaraí de Amontada, a média anual chega a 1210mm.

Em uma série histórica dos anos de 1991 a 2019 (gráfico 1), pode-se observar que a região onde está inserido o posto mais interno ao continente passa por um longo período de estio, sendo poucos os anos que atingem a média anual do município. Entretanto, no posto relativo à praia de Icaraí de Amontada (gráfico 2), entre os anos 2000 a 2019, há uma maior tendência à média, com alguns anos que superam essa média.

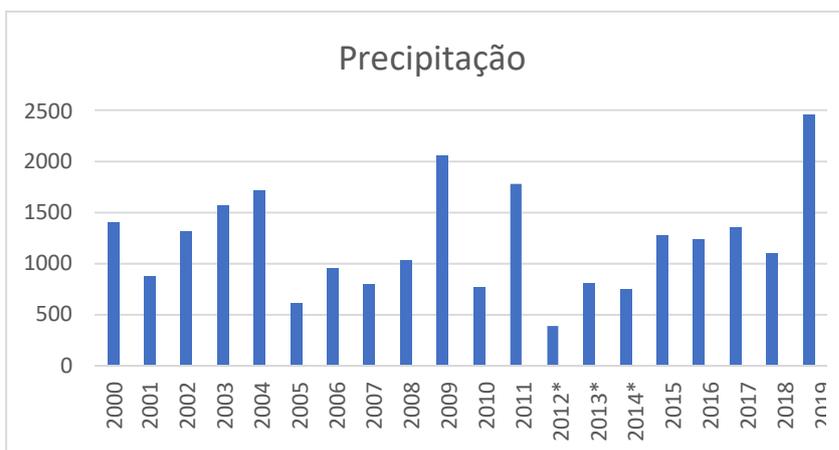
Gráfico 1: Precipitação anual do município de Amontada/CE, entre os anos de 1991 a 2019.



Fonte: o autor, a partir de dados observacionais da FUNCEME.

\*Anos com carência de dados em determinados meses.

Gráfico 2: Precipitação anual de Icaraí de Amontada, entre os anos de 2000 a 2019.



Fonte: o autor, a partir de dados observacionais da FUNCEME.

\*Anos com carência de dados em determinados meses.

Observa-se também, ao comparar ambos os gráficos, que as médias anuais observadas no posto de Icaraí de Amontada são sempre superiores às médias do posto de Amontada, exceto no ano de 2012, fato que pode ser

explicado pela ausência de dados em determinados meses do ano no posto de Icaraí de Amontada. Ainda assim, mesmo com médias diferentes, pode-se observar um padrão de comportamento, onde as oscilações nos valores de precipitação de ambos os postos acompanham uma a outra.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Ambiente praial

As praias estão entre os ambientes mais dinâmicos do planeta, uma vez que são modificadas pela ação de diversos fatores, como ventos, ondas e sedimentos, sendo essa dinâmica responsável pelos processos de erosão e progradação da mesma (BROWN & MCLACHLAN, 1990). Muehe (2007), propõe uma definição de praia como sendo feições deposicionais na interface entre terra emersa e água, constituídas normalmente de sedimentos arenosos que são mobilizados pelas ondas e pela deriva litorânea. Elas margeiam cerca de 40% das costas mundiais (BIRD, 2008).

A compartimentação da praia (figura 2), de acordo com seus aspectos morfológicos e hidrodinâmicos, foi dividida (HOEFEL, 1998; SILVA *et al.*, 2004; MUEHE *et al.*, 2007) em:

- Pós-praia: compartimento definido por ser uma região sempre exposta, onde o mar só alcança em eventos extremos, como tempestades, marés equinociais ou ocorrência de *swell*. É nessa região em que se localizam os campos de dunas, dunas frontais e bermas (se houver);
- Face de praia (estirâncio): é a região da praia que fica submersa durante períodos de preamar e emersa durante o período de baixa-mar;
- Antepraia: região da praia que permanece constantemente submersa.

Figura 2: Compartimentação da praia.



Fonte: Muehe (2007).

Em relação a morfodinâmica, as praias podem ser caracterizadas em seis estágios, divididos entre níveis dissipativos (1), intermediários (4) e refletivos (1)

(WRIGTH & SHORT, 1984). No estágio dissipativo, é possível observar uma extensa zona de *surf*, um baixo gradiente topográfico, ondas com alto espraiamento na zona de *surf*, ocorrência de barras paralelas e um robusto estoque de sedimentos. Silva *et al* (2004), afirmam que praias dissipativas são, normalmente, planas e rasas. No estágio refletivo, a zona de *surf* possui uma configuração mais estreita, elevado gradiente topográfico e quebra de forma mergulhante. Os estágios intermediários possuem características tanto do estágio dissipativo como do refletivo.

#### **4.2. Monitoramento da Linha de Costa**

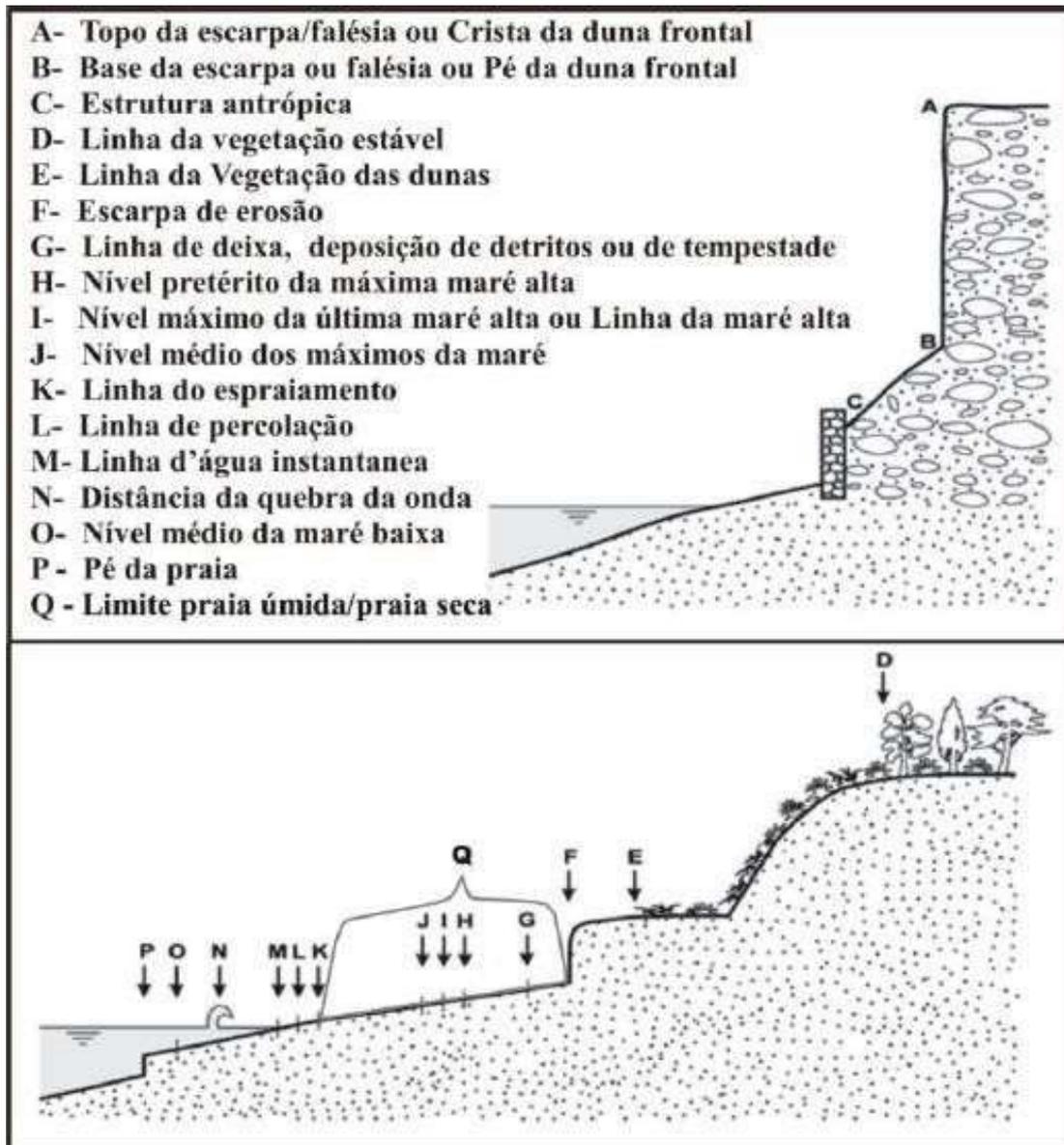
A linha de costa é definida pela interseção entre a linha d'água e a terra firme (MUEHE, 2014), entretanto, apesar de simples, essa é uma definição difícil de ser aplicada, uma vez que a linha de costa está em constante mudança devido a fatores como: o transporte de sedimentos nas zonas da praia e, principalmente, pela dinamicidade natural do nível da água nas zonas costeiras em decorrência de ondas, marés, tempestades e etc (BOAK & TURNER, 2005).

Além disso, existem também os fatores que modificam a linha de costa a longo prazo, como o aporte sedimentar da praia e as mudanças do nível do mar durante os séculos (KUMAR *et al.*, 2010). Assim, por estar sujeita a diversas variáveis em relação a sua modificação, o comportamento da linha de costa não necessariamente segue um padrão com o passar do tempo, uma vez que podem ocorrer mudanças em intervalos de dias, décadas e séculos (WHITE, 2007).

Em estudos relacionados à linha de costa a partir do uso de imagens de satélites (CROWELL, LEATHERMAN, BUCKLEY, 1991), há indicação de que a utilização da diferenciação entre areia seca e areia úmida é um bom indicador a ser usado, uma vez que é bastante fácil observar essa diferença em imagens. O autor também afirma que, em praias arenosas, essa diferença de tonalidade é semelhante à linha de preamar de sizígia.

Devido a dinamicidade da linha de costa, existem diversos indicadores para indicar a mesma (figura 3), podendo ser relacionados a feições morfológicas (como a base da duna frontal, escarpa da falésia, entre outros), visuais (limite de área vegetada, interface entre areia seca e molhada, linha de deixa, etc) e antrópicas (base de obras de contenção) (BOAK & TURNER, 2005).

Figura 3: Indicadores de linha de costa.



Fonte: Schweitzer (2013), adaptado de Boak & Turner (2005).

Por fim, é importante ressaltar que a linha de costa não possui características como espessura e/ou diâmetro, sendo ela unidimensional. Essa linha demonstra somente o contorno do indicador, não podendo, dessa forma, a linha de costa sofrer erosão e tampouco progradação. A única modificação relacionada à linha de costa é a sua localização (OERTEL, 2005).

### 4.3 Erosão costeira

A erosão costeira é definida como sendo um conjunto de processos que resultam em uma maior saída do que entrada de sedimentos na praia por

decorrência de uma quebra no equilíbrio dinâmico da mesma. Esse é considerado um dos principais problemas, a nível mundial, relacionado a preservação do solo (ALFREDINI, 2005). Farias (2008) afirma que a erosão e a acreção costeira são relativas à mudanças volumétricas na região do pós-praia. Existe diferença entre erosão costeira e “problema erosivo”, sendo a erosão um fenômeno natural dos ecossistemas litorâneos, responsável até mesmo por formas de relevo, como estuários, ilhas-barreiras e etc. Já um “problema erosivo” só existe a partir do momento em que, na área em que ocorre a erosão, há ocupação, ocasionando, assim, danos aos investimentos efetuados na linha de costa (FARIAS, 2008).

No Brasil, as regiões Norte e Nordeste são as que mais estão comprometidas em relação a erosão costeira, com cerca de 60 a 65% de suas linhas de costa sob processos erosivos. Isso se dá, dentre outros fatores, por questões como a menor declividade na antepraia, maiores amplitudes de marés, transporte unidirecional da deriva litorânea, transferência de sedimentos da região praial para os campos de dunas e etc (MORAIS *et al.*, 2018).

Se comparado com os dados disponíveis no livro Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro (MUEHE, 2006), os problemas ocasionados pela erosão costeira no litoral cearense se intensificaram nos últimos 10 anos (MUEHE, 2018). Assume-se que os principais agentes que agravam os processos erosivos no estado do Ceará são: as variações sazonais na direção dos ventos e das ondas, o barramento dos corredores eólicos e a ocupação inadequada na faixa de praia. Associado a isso, tem-se o período de estio que se instalou nesse período.

Dos 573 km de extensão, cerca de 30% do litoral cearense está sofrendo processos de erosão, ao passo que apenas 10% do mesmo apresenta áreas de progradação (MORAIS *et al.*, 2018; BARROS, PINHEIRO e MORAIS, 2020).

Souza (2009) afirma que as causas dos processos erosivos podem ser naturais ou antrópicas, sendo esses indicadores demonstrados no quadro 2. Contudo, essas duas naturezas dos problemas interagem constantemente entre si, condicionando, assim, a erosão, sendo difícil individualizar o fator principal (MOURA, 2012).

Quadro 2: As principais causas da erosão costeira no Brasil (de ordem natural e antrópicas).

<b>CAUSAS NATURAIS</b>
<b>01</b> Dinâmica de circulação costeira: presença de zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea em determinados locais mais ou menos fixos da linha de costa.
<b>02</b> Morfodinâmica praial: praias intermediárias têm maior mobilidade e suscetibilidade à processos erosivos, por exemplo.
<b>03</b> Aporte sedimentar natural ineficientes ou sem fontes de sedimentos.
<b>04</b> Fisiografia costeira: irregularidades na linha de costa, a exemplo de mudanças bruscas de orientação em promontórios rochosos. Estas feições podem dispersar correntes e sedimentos para o largo.
<b>05</b> Presença de amplas zonas de transporte ou trânsito de sedimentos (by-pass), contribuindo para a não permanência dos sedimentos em certos segmentos de praia.
<b>06</b> Armadilhas de sedimentos e migração lateral: desembocaduras de rios ou canais de maré; efeito do “molhe hidráulico”; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, arenitos de praia e recifes).
<b>07</b> Inversões na deriva litorânea resultante causada por fenômenos, como sistemas frontais, ciclones extratropicais e atuação intensa do “El Niño/ENO”.
<b>08</b> Elevações do nível relativo do mar de curto período devido a efeitos combinados da atuação de sistemas excepcionais, como os frontais e ciclones extratropicais, marés astronômicas de sizígia e elevações sazonais do NM, resultando nos mesmos processos da elevação de NM de longo período.
<b>09</b> Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século, em taxas de até 30 centímetros: forte erosão com retrogradação da linha de costa.
<b>10</b> Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período: Regra de Bruun e migração do perfil praial rumo ao continente.
<b>11</b> Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo e dinâmica e circulação costeira atuante na época.
<b>12</b> Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados.
<b>13</b> Fatores tectônicos: subsidência e soerguimentos da planície costeira.
<b>CAUSAS ANTRÓPICAS</b>
<b>14</b> Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.
<b>15</b> Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píers, quebra-mares e muros, de utilização para a proteção costeira; canais de drenagem artificiais.
<b>16</b> Armadilhas de sedimentos associados à implantação de estruturas artificiais, devido à interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
<b>17</b> Retira de sedimentos da praia devido a atividades, como a mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar, inclusive, em praias vizinhas.
<b>18</b> Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental: diminuição/perda das fontes de sedimentos para as praias.
<b>19</b> Conversão de terrenos naturais da planícies costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira.
<b>20</b> Balanço sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.

Fonte: Adaptado de Souza, 2009; Moura, 2012.

Entre as principais causas da erosão costeira, aponta-se a intervenção do homem nos processos costeiros e a urbanização da orla, sendo, portanto, a erosão decorrente de causas naturais colocada como menos influente do que a ação antrópica (MUEHE, 2001; MOURA, 2012).

Ao se perceber a atuação dos processos erosivos nas praias, busca-se,

por vezes, utilizar de medidas de contenção pontuais provenientes da atuação dos próprios moradores dessas regiões sem um estudo prévio, como uso de pedras e sacos de areia. Porém, esse tipo de intervenção pode acabar interferindo na dinâmica costeira, resultando em algo ineficaz e por vezes agravante da erosão (BARROS, PINHEIRO e MORAIS, 2020).

Dentre os estudos relacionados aos processos erosivos e sua caracterização, existem duas formas para fazê-los, a saber: métodos diretos e métodos indiretos (SOUZA *et al.*, 2005; MALLMANN, 2008; MOURA, 2012). Os métodos diretos utilizam o monitoramento de praias a partir de perfis topográficos incluindo sua caracterização morfológica, sedimentológicas e a integralização desses dados com as condições meteorológicas e oceanográficas do ambiente. A partir desses resultados, pode-se fazer a análise de linha de costa, bem como o volume sedimentar dos perfis. Já os métodos indiretos geralmente utilizam artifícios como fotografias aéreas, imagens de satélites e mapas topográficos e batimétricos para calcular as variações da linha de costa. O monitoramento indireto da linha de costa pode também ser feito por meio de caminhamento na área, no setor entre o estirâncio e o pós-praia, utilizando equipamentos de GPS (Sistema de Posicionamento Global).

#### **4.4 Ocupação da zona costeira**

Atualmente, cerca de 75% das metrópoles e metade da população mundial se concentram no litoral, e estima-se que até 2025, 75% da população habitará regiões próximas às costas (MUEHE *et al.*, 2018). A intensa ocupação do litoral brasileiro, principalmente próximo a grandes cidades, ocasionam uma profunda mudança na paisagem. A construção de edificações cada vez mais próximas a linha de costa resultam em elevados riscos de perdas devido a erosão costeira (MUEHE, 2001). Essa ocupação da zona costeira é incompatível com os processos naturais dos ecossistemas, como a mobilidade da linha de costa (FARIAS E MAIA, 2007).

O Estado do Ceará possui uma linha de costa de aproximadamente 573 km de extensão, e cerca de 30% do seu litoral apresenta taxas erosivas e 17% possui tendências erosivas. Apenas 10% do litoral Cearense apresenta progradação e 43% tendências a estabilidade (MORAIS *et al.*, 2018). Os primeiros impactos de grandes proporções relacionados à ação antrópica no

litoral do Ceará ocorreram após a construção do molhe do Porto do Mucuripe, na cidade de Fortaleza (MORAIS, 1981; MUEHE *et al.*, 2018), uma vez que o mesmo impediu o transpasse de areia, iniciando assim o processo erosivo nas praias da cidade.

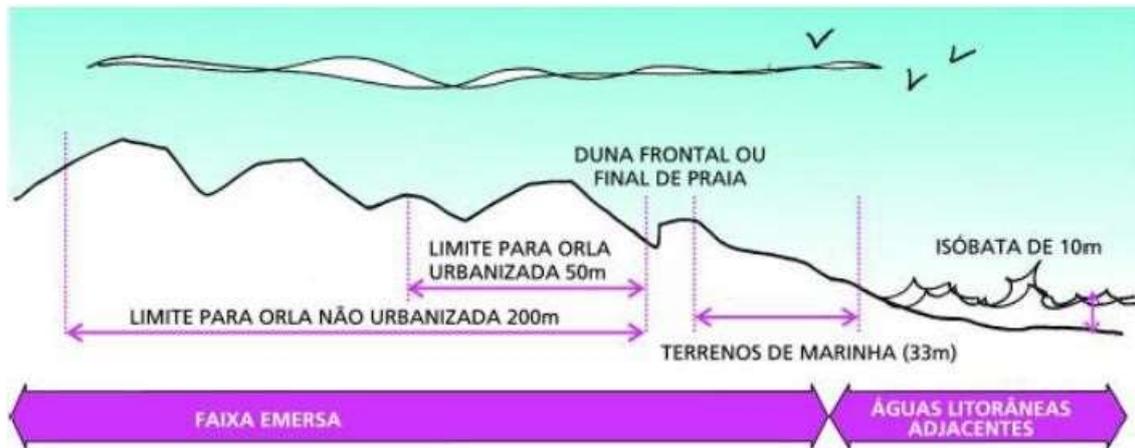
Entre os fatores que impulsionam essa ocupação do litoral destacam-se, principalmente, o turismo, a especulação imobiliária e a urbanização (MOURA, 2009), sendo o desenvolvimento dessas atividades, por vezes responsáveis por prejuízos de ordem natural, econômica, social e cultural.

A erosão costeira atua de forma mais intensa em localidades onde há elevados níveis de ocupação na linha de costa (BARROS, PINHEIRO e MORAIS 2020), e, atrelada a essa ocupação, ocorrem também as obras de contenção para proteção das mesmas. Corroborando com essa afirmação, temos Moraes *et al.* (2018) e Barros (2018), que afirmam que os cenários de estabilidade no litoral cearense estão, na maior parte dos casos, associados às praias sem níveis de ocupação ou com a ocupação recuada da linha de costa.

Dessa forma, para uma melhor gestão do uso e ocupação da zona costeira, foram criadas diversas diretrizes, documentos e leis, e, entre esses, destaca-se o Projeto Orla, originalmente idealizado pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU), que busca orientar o processo de ocupação da zona costeira em níveis nacionais, regionais e locais (PROJETO ORLA, 2006).

O Projeto Orla (2006), define, de forma generalizada, limites para a ocupação da zona costeira, propondo um limite de 50 metros em áreas urbanizadas e 200 metros em áreas não urbanizadas, contados a partir da linha de preamar máxima (figura 4).

Figura 4: Limites de orla propostos pelo Projeto Orla.



Fonte: Projeto Orla, 2006.

Entretanto, os limites máximos estabelecidos para a orla – 200 metros em áreas não urbanizadas e 10 metros de profundidade no mar – poderão ser aumentados, a partir de estudos que indiquem uma tendência erosiva acentuada (com base em taxas anuais para períodos de 10 anos), capaz de ultrapassar rapidamente a largura da faixa proposta (PROJETO ORLA, 2006).

Principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, os limites de faixas de não edificação precisam ser estabelecidos com um maior rigor, devido a uma maior vulnerabilidade do espaço costeiro, e, principalmente, em decorrência do predomínio de cenários erosivos nessas regiões (MUEHE *et al.*, 2018), especialmente no Estado do Ceará e de Pernambuco, uma vez que houve uma intensificação dos processos erosivos, se comparados com os resultados demonstrados no livro *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro* (MUEHE, 2006).

Finalizando a discussão acerca da ocupação da zona costeira, temos a limitação proposta pelo Decreto-Lei nº 9.760, de 1946, que definem as áreas de terrenos de marinha como sendo:

São terrenos de marinha, em uma profundidade de 33 metros, medidos para a parte de terra, do ponto em que se passava a linha do preamar média de 1831:

- a) os situados no continente, na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas, até onde se faça sentir a influência das marés;
- b) os que contornam as ilhas situadas em zona onde se faça sentir a influência das marés.

Parágrafo único. Para os efeitos deste artigo, a influência das marés é caracterizada pela oscilação de cinco centímetros, pelo menos, do nível das águas (atração luni- solar) que ocorra em qualquer época do ano.

O Projeto Orla busca também fiscalizar a ocupação e o uso indevido das áreas de terrenos de marinha (SOBRINHO, 2006; SOUZA, 2009), sendo essas, propriedade exclusiva da Federação. Contudo, diversos autores elucidam acerca da dificuldade de localização da linha de preamar média de 1831 (SOUZA, 2009; FILHO, 2014; ROSA *et al.*, 2018), o que dificulta essa demarcação correta da área de terrenos de marinha.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico

Etapa inicial do levantamento de dados, que consistiu em realizar um estudo bibliográfico e cartográfico do litoral Oeste do estado do Ceará, com foco principal no litoral do município de Amontada. Foram utilizados para referências dos estudos, artigos nacionais e internacionais de revistas científicas, portal de periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), a plataforma *Elsevier*, repositórios de universidades nacionais e internacionais, entre outros. Para a produção cartográfica foram utilizadas imagens Quickbird adquiridas do *software* Google Earth Pro e disponibilizada pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente).

### 5.2 Aquisição de dados

As saídas de campo foram realizadas em outubro/2018, julho/2019 e novembro/2020. Os dados topográficos e sedimentológicos foram coletados durante a baixa-mar da maré de sizígia, sendo os dados de maré obtidos a partir da tábua de marés do Porto do Pecém/CE, disponibilizada *online* pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) da Marinha do Brasil (quadro 3).

Quadro 3: Dados de marés nos dias de trabalhos de campo.

Data do campo	Dados de maré (preamar e baixa-mar)
09/10/2018	3.1m; -0.2m
04/07/2019	2.7m; 0.0m
30/11/2020	2.6 m; 0.3m

Fonte: o autor, a partir de dados da DHN.

Durante as saídas de campo de 2018 e de 2019 foram coletados dados topográficos, a partir de perfis praias, bem como dados relacionados à linha de costa, utilizando a linha de preamar máxima. Também foram coletadas amostras de sedimentos para caracterização sedimentológica, sendo coletadas três amostras em cada um dos pontos de monitoramento: uma no pós-praia, uma no estirâncio e uma na antepraia, totalizando 18 amostras em cada um dos campos.

O último trabalho de campo, em novembro/2020, consistiu em sobrevôo de drone para obtenção de fotografias aéreas, com o propósito de se obter imagens com maior detalhamento da região, possibilitando melhor visualização dos indicadores erosivos, da LPM e da ocupação. Para isso, foi-se utilizado o drone DJI Spark, um minidrone com dimensões de 143 x 143 x 55 mm, peso de 300 g e com tempo máximo de voo de 16 minutos. Sua câmera conta com 12 MP e sensor de 1/2.3" CMOS.

### **5.2.1 Perfis de monitoramento**

A partir da coleta de dados topográficos no mesmo local com intervalos de tempo distintos (outubro de 2018 e julho de 2019), foi possível analisar o comportamento dos perfis praias, a fim de documentar uma possível erosão ou deposição de sedimentos. Essa inferência é possível a partir da análise comparativa de perfis topográficos, indicando a variação vertical da praia. Os perfis foram iniciados a partir da região da pós-praia, passando pelo estirâncio (ou zona entremarés), até finalizar, na região da antepraia.

Os perfis praias foram distribuídos de forma que abrangesse toda a área de estudo, sendo totalizados 6 perfis de monitoramento (quadro 4), perpendiculares à linha de costa, com espaçamento médio de 135 metros.

Quadro 4: Dados de altitude do referencial de nível, em metros, e de coordenadas UTM do ponto inicial de cada ponto de monitoramento.

Ponto de monitoramento	Altitude do Referencial de Nível (m)	Coordenadas UTM
P1	4.691353	X: 428775.776 Y: 9666171.959
P2	2.761784	X: 428459.701 Y: 9665998.404
P3	3.179083	X: 428110.300 Y: 9665735.621
P4	2.089519	X: 427685.039 Y: 9665649.799
P5	6.510957	X: 427214.403 Y: 9665713.446
P6	5.61527	X: 426842.319 Y: 9665842.934

Fonte: o autor.

A obtenção dos dados em campo foi realizada a partir da utilização de um receptor RTK 6 (*Real Time Kinematic*), da marca Trimble (figura 5), que possui uma precisão vertical de 15 mm. O equipamento funciona a partir da sua comunicação entre a base, parte do equipamento que permanece fixa, e o *rover*, a unidade móvel do equipamento, a qual se realiza o caminhamento na área de estudo para coleta de pontos. O *rover* também conta com o auxílio da coletora, um equipamento que facilita o manuseio do *rover*.

A base é montada e, posteriormente, nivelada ao solo com o auxílio de uma bolha. Após ser devidamente instalada, a base permanece ligada durante toda a aquisição dos dados, e, quanto mais tempo ligada, maior a correção dos dados de localização e, conseqüentemente, maior a precisão. Após montagem da base, é medida a altura da antena da base em relação ao solo, para posterior correção dos dados. Para esse trabalho, utilizou-se o RTK no modo cinemático de pós-processamento. A base foi montada no Jardim Central da Praça dos Navegantes, praça principal da vila de Icaraí de Amontada, em frente a Igreja dos Navegantes, nas coordenadas X: 428126.828 e Y: 9665678.75. A

inicialização do rover se inicia com o auxílio da coletora, configurando-o para o mesmo modo de operação da base, no caso, cinemático de pós-processamento. Após configuração, inicia-se a coleta de dados, realizando o caminhamento com o rover (figura 6) e adquirindo os pontos com a coletora. Os dados brutos são coletados e corrigidos a partir da conexão da base e do rover com os satélites. Quanto maior a quantidade de satélites com que o equipamento está fazendo conexão, maior a confiabilidade dos dados adquiridos.

Figura 5: (a) Base do RTK posicionada na igreja da praça principal da cidade de Icaraizinho de Amontada; b) Aquisição de dados com Rover c) Software para processamento.



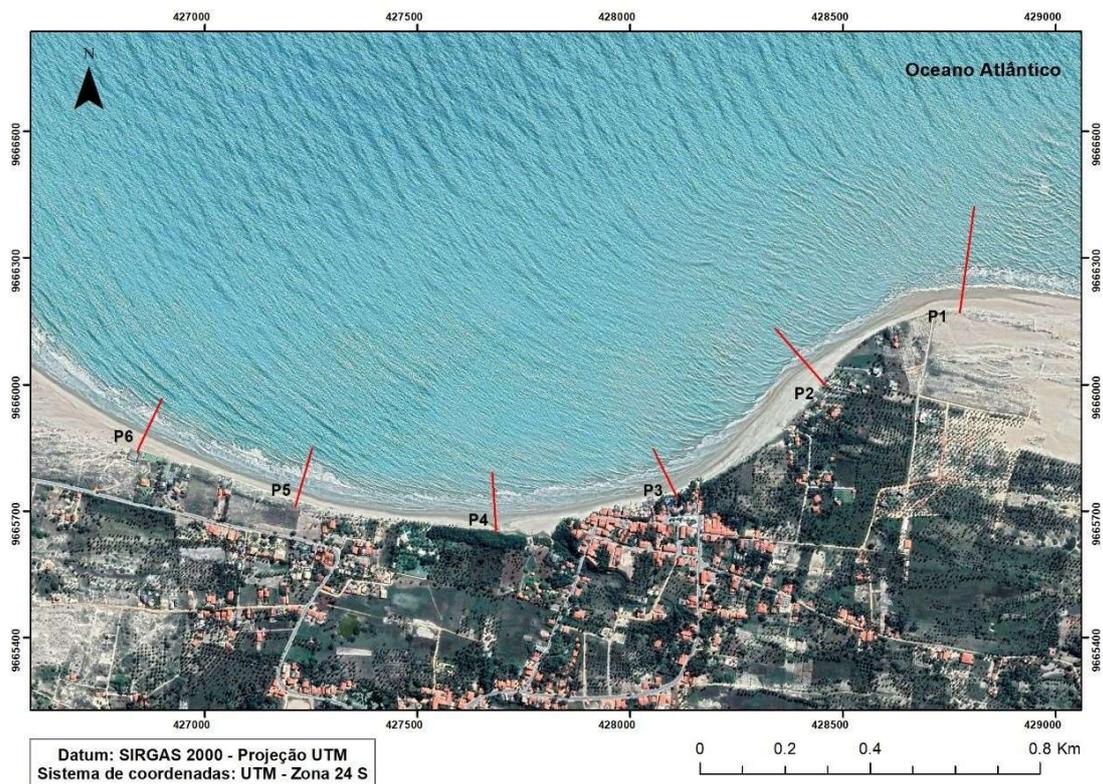
**Bem-vindo ao Trimble Business Center!**

<p><b>Tarefas comuns</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <a href="#">Iniciar um novo projeto</a></li> <li> <a href="#">Abrir um projeto existente</a></li> <li> <a href="#">Verificar atualizações</a></li> <li> <a href="#">Gerenciador de Licença</a></li> <li> <a href="#">Trimble Access Services</a></li> <li> <a href="#">Planejamento Online de GNSS da Trimble</a></li> </ul>	<p><b>TBC na Internet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <a href="#">Registrar o TBC</a></li> <li> <a href="#">Suporte do TBC</a></li> <li> <a href="#">Notícias do TBC</a></li> <li> <a href="#">Demonstrações de vídeo no Facebook</a></li> <li> <a href="#">Demonstrações de vídeo no YouTube</a></li> </ul>
<p><b>Auxílios de aprendizado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <a href="#">Ajuda online (F1)</a></li> <li> <a href="#">Tutoriais</a></li> <li> <a href="#">Guias do Fluxo de Trabalho</a></li> </ul>	<p><b>Documentos de suporte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <a href="#">Leia-me</a></li> <li> <a href="#">Notas de Versão</a></li> <li> <a href="#">Relatar um problema de tradução de</a></li> </ul>

Fonte: o autor.

Figura 6: Localização dos perfis de praia em Icaraí de Amontada.

P1: Perfil 1; P2: Perfil 2; P3: Perfil 3; P4: Perfil 4; P5: Perfil 5; P6: Perfil 6.

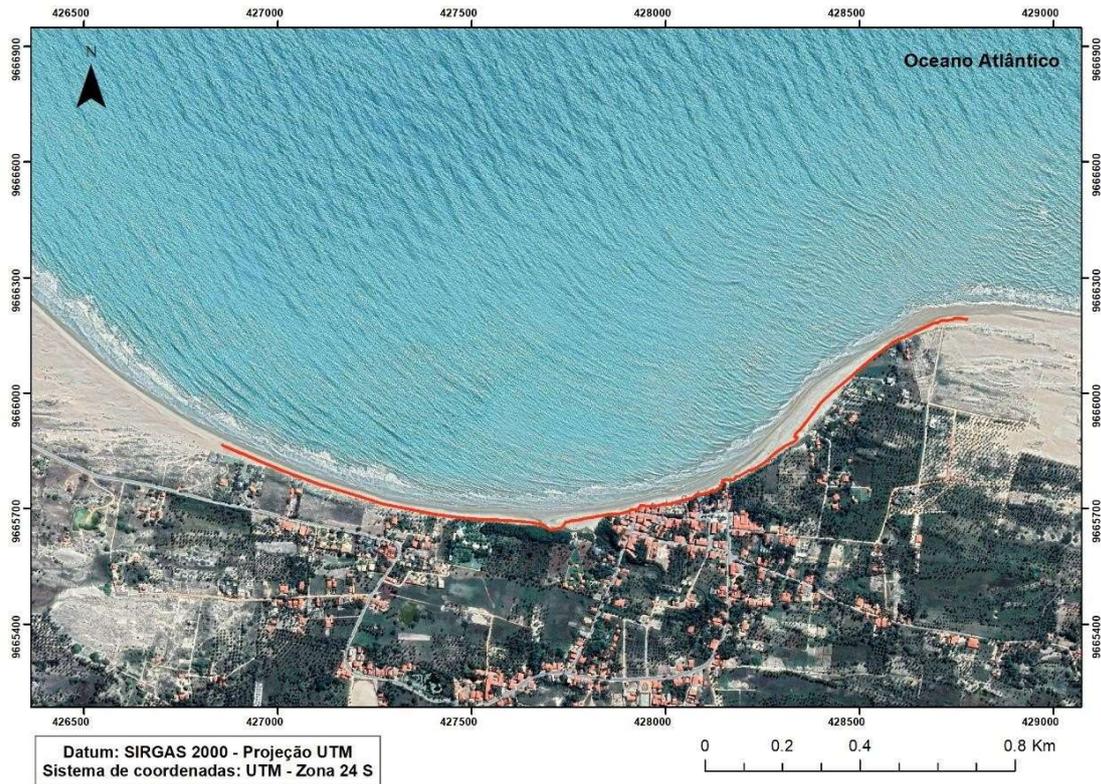


Fonte: o autor.

### 5.2.2 Delimitação da linha de costa

A partir da utilização do RTK6 foi possível, através de levantamento geodésico por posicionamento relativo, delimitar a linha de costa durante os trabalhos de campo com precisão milimétrica (15 mm). Essa aquisição é semelhante a aquisição de dados topográficos nos perfis. Foi realizada a fixação e o nivelamento da base do equipamento e medida a altura em que a antena receptora se encontrava. Posteriormente, foi dado início ao caminhamento na área (figura 7) com o equipamento *Rover*, com marcação de ponto a cada 2m, aproximadamente.

Figura 7: Linha de costa adquirida em campo no dia 04/07/19.



Fonte: o autor.

Buscou-se utilizar ao máximo a definição de linha de costa proposta por Crowell (1991), onde a linha de preamar máxima (LPM) é inferida a partir da diferença de coloração entre os sedimentos secos e úmidos da praia (figura 8). Entretanto, em alguns trechos, esse indicador não estava presente, ou não era preciso o suficiente para utilizá-lo, sendo, assim, utilizados também outros indicadores (quadro 5) como: variações morfológicas (base da duna frontal e limite da berma), limite de área vegetada (figura 9) e ocorrência de obras de contenção (figura 10). Para correção dos marcadores de linha de costa foi utilizado o drone DJI Spark para sobrevôo da área em novembro de 2020, atingindo uma altura de aproximadamente 40 m.

Figura 8: Interface entre os sedimentos secos e úmidos como indicador de linha de costa no dia 20 de novembro de 2020.



Fonte: o autor.

Figura 9: Delimitação da linha de costa a partir do limite de área vegetada no dia 20 de novembro de 2020.



Fonte: o autor.

Figura 10: Delimitação da linha de costa a partir da ocorrência de obras de contenção.



Fonte: o autor.

Quadro 5: Parâmetros utilizados para determinação da linha de costa nos pontos de monitoramento.

Ponto de monitoramento 1 – P1	Linha de preamar máxima e base da duna
Ponto de monitoramento 2 – P2	Linha de preamar máxima e base do berma
Ponto de monitoramento 3 – P3	Obra de contenção e limite de área vegetada
Ponto de monitoramento 4 – P4	Limite de área vegetada
Ponto de monitoramento 5 – P5	Linha de preamar máxima e base da duna frontal
Ponto de monitoramento 6 – P6	Linha de preamar máxima

Fonte: o autor.

### 5.3 Etapa de laboratório

#### 5.3.1 Análise granulométrica

Nessa etapa foi realizada a análise granulométrica dos sedimentos coletados em campo, a partir da metodologia proposta por SUGUIO (1973), com a finalidade de inferir informações acerca do ambiente de sedimentação, da origem dos sedimentos e do tipo de transporte a que os sedimentos foram submetidos.

Após o trabalho de campo, as amostras foram colocadas na estufa para secarem. Posteriormente, foram retiradas 100 gramas de cada uma das amostras para analisá-las. As amostras brutas, de 100 g, foram lavadas em uma peneira de 0.062 mm sob água corrente, com a finalidade de separar a fração mais fina (silte e argila) do restante da amostra, sendo esse processo chamado de peneiramento úmido. Após a lavagem, as amostras retornaram para a estufa até ficarem completamente secas. Pesou-se então novamente as amostras, para determinar a diferença do peso inicial (100 g) para o peso pós-lavagem. Após a pesagem, iniciou-se a etapa do peneiramento seco.

O peneiramento seco se dá pela separação da amostra em diferentes frações de acordo com o tamanho dos grãos. Inicia-se com a utilização do equipamento *rot-up*, que possui um conjunto de onze peneiras com diferentes tamanhos de malha, indo de 4 a 0.062 mm. O *rot-up* realiza um agitação mecânica das peneiras, dessa forma, os sedimentos ficam retidos nas peneiras de acordo com seus tamanhos, sendo os maiores tamanhos retidos nas peneiras com maiores malhas e os sedimentos com menores tamanhos, nas peneiras de malhas menores.

Ao terminar o processo de agitação mecânica das peneiras, com duração de dez minutos, foram retirados os sedimentos que ficaram retidos em cada uma das peneiras, pesados e os resultados foram anotados em fichas de análise granulométrica.

### **5.3.2 Parâmetros estatísticos granulométricos**

Os resultados provenientes da análise granulométrica foram inseridos no *software* SAG – Sistema de Análise Granulométrica, desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense (UFF), para obtenção dos parâmetros estatísticos, como grau de selecionamento, curtose, assimetria, diâmetro médio do grão, entre outros

É a partir dos resultados dos parâmetros estatísticos que se pode caracterizar as condições que os sedimentos foram submetidos, de acordo diversos trabalhos que abordam essa relação (FOLK, 1957; MARTINS, 1965; ANDRIOTTI, 2003; MARTINS, 2003; DAVIS JR. & FITZGERALD, 2004; JESUS & ANDRADE, 2013).

## **5.4 Estabelecimento dos limites da orla**

A partir da utilização da ferramenta *buffer*, disponível no *software* ArcGIS 10.5, pôde-se delimitar a ocupação da zona costeira, com base nas diretrizes do Projeto Orla.

A ferramenta funciona a partir da criação de um ponto, polígono ou, como foi utilizado para este trabalho, uma linha e, a partir dela, é possível delimitar uma área de influência a ser escolhida, com uma abrangência específica.

Para este trabalho, foi utilizada a linha de costa mais recente adquirida em campo (julho/2019), uma vez que a precisão e a acurácia são maiores do que em imagens de satélites. O *buffer* possui uma abrangência de 33 metros a partir da linha de preamar máxima utilizada, que corresponde à área de terrenos de marinha, pertencentes à União, prevista no Projeto Orla.

A área de terrenos de marinha é delimitada a partir da linha de preamar média de 1831, entretanto, devido a impossibilidade de identificação da mesma, não é possível também delimitar precisamente a faixa de terrenos de marinha. (FILHO, 2014). O autor *op cit.* afirma também que provavelmente não haja registros relativos à linha de preamar média de 1831 para a costa brasileira. Por essa razão, foi-se utilizada a linha de costa adquirida em campo como ponto de partida para delimitação da área de terrenos de marinha em Icaraí de Amontada.

## **5.5 Etapa de gabinete**

### **5.5.1 Análise da variação da linha de costa**

Para realizar o processamento das imagens para posterior análise da variação da linha de costa foi utilizada uma imagem Quickbird disponibilizada pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente), georreferenciada no datum SAD 69, que transformada para o datum SIRGAS 2000 Zona 24 S, além de outras imagens de satélites, obtidas através do *software* Google Earth Pro. Foi efetuada, primeiramente, a escolha de imagens da área em diversos períodos distintos (quadro 6). Posteriormente, o georreferenciamento das mesmas, utilização de pontos de controle para reduzir os erros, vetorização das linhas de costa e integralização dos dados em ambiente SIG.

Quadro 6: Características das imagens de satélites utilizadas.

Ano	Mês	Tipo de material	Resolução espacial	Satélite/Fornecedor
2003	Novembro	Imagem de satélite	1m	Quickbird
2004	Setembro	Imagem de satélite	1 m	Quickbird
2005	Dezembro	Imagem de satélite	60 cm	Quickbird/SEMACE
2010	Dezembro	Imagem de satélite	1 m	Quickbird
2013	Setembro	Imagem de satélite	1 m	Quickbird
2014	Setembro	Imagem de satélite	1 m	Quickbird
2015	Novembro	Imagem de satélite	1 m	Quickbird
2018	Julho	Imagem de satélite	1 m	Quickbird
2019	Maio	Imagem de satélite	1 m	Quickbird

Fonte: o autor.

As imagens adquiridas através do *software* Google Earth Pro foram georreferenciadas em ambiente SIG no datum SIRGAS 2000, a partir de pontos de controle inseridos na imagem disponibilizada pela SEMACE, devido a melhor resolução espacial. A partir dela, os pontos de controle foram adicionados nas demais imagens, para georreferenciamento no mesmo datum.

Posteriormente, foi utilizado um banco de dados do tipo “*Geodatabase*”, onde foi inserida uma linha de base (*baseline*) e, a partir dela, transectos perpendiculares com a finalidade de calcular as taxas de erosão e deposição de sedimentos e suas variações com o passar do tempo. As linhas de costa presentes em cada imagem, e as adquiridas em campo, foram vetorizadas no formato *shapefile*. Essas variações foram calculadas com o auxílio da extensão *Digital Shoreline Analysis System – DSAS 5.0* para o *software* ArcGIS 10.5 (HIMMELSTOSS *et al.*, 2018) que automatiza os cálculos necessários para as variações. Essa extensão possibilita a realização de diversos cálculos, entretanto, para cálculo de variação de linha de costa, são utilizados convencionalmente dois métodos específicos, o *End Point Rate (EPR)* e o *Linear Regression Rate (LRR)* (quadro 7).

O método EPR realiza o cálculo da variação das linhas de costa utilizando somente a linha de costa mais antiga disponível e a mais recente, ao passo que o LRR faz o cálculo a partir de uma regressão linear simples, utilizando, assim, todas as linhas de costa disponíveis.

Quadro 7: Período, imagens, datas, transectos, espaçamento, comprimento e período das análises realizadas através do DSAS.

Período	Imagens/ dados de campo	Data	Nº de transectos	Espaçamento (m)	Comp. dos transectos	Período analisado (anos)/ método
2003-2019	QUICKBIRD	2003 2004 2005 2010 2013 2014 2015 2018 2019	79	50	200 m	15/ EPR e LRR
2003-2019	QUICKBIRD Dados primários	2003 2004 2005 2010 2013 2014 2015 2018 2019	41	50	90 m	15/ EPR e LRR

Fonte: o autor.

### 5.5.2 Cálculo das linhas de costa futuras

A atualização mais recente da extensão DSAS, a versão 5.0, disponibiliza a opção de calcular a linha de costa para os próximos 10 e 20 anos a partir das linhas de costa utilizadas. Para tal, é utilizado o *Linear Regression Rate* (LRR) e, a partir desses dados, é estimada a posição e os dados das linhas de costa (HIMMELSTOSS *et al.*, 2018). Contudo, é necessário utilizar esses dados com cautela, uma vez que os processos que modificam a linha de costa são diversos e complexos, podendo nem todos eles serem considerados no cálculo dessas futuras linhas de costa.

De acordo com os autores citados acima, a metodologia utilizada pelo DSAS utiliza apenas a regressão linear simples dos dados utilizados para o cálculo da linha de costa, podendo eles nem sempre serem suficientes.

## **5.6 Processamento dos dados topográficos**

Os dados obtidos durante as saídas de campo com o RTK foram descarregados na forma bruta, sendo, portanto, necessário realizar um tratamento para que eles possam ser utilizados de forma eficaz. Os dados brutos foram descarregados da base do equipamento e, a seguir, foram pós-processados no *software* próprio da marca do equipamento, o *Trimble Business Center*, onde foi realizada a correção da altura (de elipsoidal para ortométrica). Essa correção, no modo pós-processado, só é possível com o auxílio das Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC). Para essa correção são necessárias, pelo menos, duas RBMC's, definidas de acordo com a proximidade da área onde foi efetuado o trabalho. Por essa razão, as RBMC's escolhidas foram a de Fortaleza, localizada no Porto do Mucuripe (CEFT) e a do Eusébio (CEEU), ambas configuradas na projeção SIRGAS 2000.

Com a utilização dos dados das RBMC's e dos dados coletados em campo, foi possível, através do método de triangulação, obter as coordenadas UTM dos pontos e a altitude geométrica da base, sendo o resultado final obtido no sistema de coordenadas UTM, datum SIRGAS 2000 e zona 24 S. A partir desses dados, pôde-se realizar a correção dos dados de linha de costa. Ao final desse tratamento de dados, os mesmos foram exportados em tabelas com a finalidade de inseri-los em ambiente SIG.

## **5.7 Análise da ocupação a partir da utilização de buffers**

Posteriormente à criação dos *buffers*, foi feita uma análise da área delimitada, a fim de poder realizar um mapeamento das edificações presentes na área de terrenos de marinha. Através de um levantamento visual do aumento de edificações nas diferentes imagens, essas áreas foram vetorizadas e, posteriormente, calculada sua área em m<sup>2</sup>, bem como o aumento da mesma entre uma imagem e outra.

## **5.8 Evolução das edificações**

Como forma de analisar a evolução das edificações na praia de Icaraí de Amontada foi feito o comparativo da quantidade de edificações entre os anos de 2003 e 2019. Para isto, foi realizado o mapeamento das construções a partir do *software* ArcGIS 10.5, sendo estas vetorizadas em forma de polígonos, tanto na imagem correspondente ao ano de 2003 como na imagem do ano de 2019. Após vetorização de ambas as imagens foi utilizada a ferramenta calculadora de

campo para quantificar a área, em m<sup>2</sup>, de área edificada em cada uma das imagens. Dessa forma, foi possível inferir o aumento de área edificada entre os anos de 2003 e 2019, bem como o setor onde esse aumento foi mais significativo.

Posteriormente, foi criado um *buffer* com abrangência de 50 metros a partir da LPM adquirida em campo, com a finalidade de quantificar as edificações situadas na frente de praia de Icaraí de Amontada e qualificá-las de acordo com seu uso. Essa etapa foi realizada para se ter uma resposta acerca da ocupação próxima à linha de costa, para saber quais os tipos de construções que seriam mais afetadas com o avanço dos processos erosivos na região e quais estariam irregulares conforme preconizado em normativas legais

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Variação da linha de costa

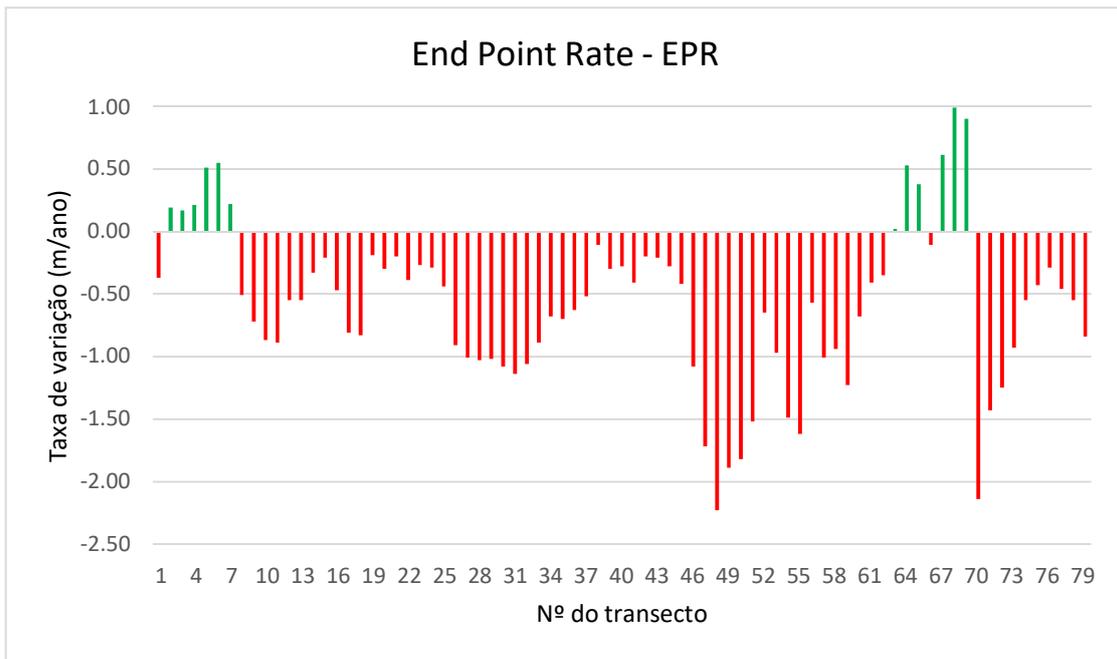
A análise da variação da linha de costa da praia de Icaraí de Amontada foi realizada de duas formas, sendo a primeira a partir da vetorização das linhas de costa obtidas a partir das imagens de satélite, abrangendo uma área maior. A segunda forma utilizou a integralização das linhas de costa obtidas através das imagens de satélites com as linhas de costa adquiridas *in situ* a partir dos trabalhos de campo realizados em 2018 e em 2019, abrangendo, assim, a área de estudo delimitada pelo caminhamento com o equipamento RTK, com enfoque maior no comportamento da linha de costa na região de maior ocupação da praia.

Os resultados observados a partir dos cálculos de variação de linha de costa, a partir das imagens de satélite, feitos com a extensão DSAS 5.0, pelos métodos EPR e LRR, mostraram que a praia de Icaraí de Amontada apresenta um caráter predominantemente erosivo durante o intervalo de tempo analisado, como demonstrado na figura 12.

Em relação ao método EPR, as taxas mais elevadas de erosão atingiram cerca de -2,23 m/ano (gráfico 3), o que configura, no período de 16 anos, uma redução de aproximadamente 35,6 m na faixa de praia. O setor correspondente aos transectos 46 a 58 é o que possui as maiores taxas erosivas, sendo este o setor onde está concentrada a maior quantidade de construções próximas à linha de costa, por abranger a região da vila de Icaraizinho. Dessa forma, o problema da erosão costeira é ainda mais agravado, uma vez que pode trazer prejuízos ao patrimônio edificado nesse setor (figura 11).

Entretanto, esse método demonstrou haver dois pequenos setores com taxas progradantes, um a oeste, composto pelos transectos 2 a 7, e um a leste, representado pelos transectos 63 a 69. As maiores taxas de progradação no método EPR atingiram 0,99 m (gráfico 3), o que, no intervalo de tempo analisado, corresponde a uma acreção de aproximadamente 15,8 m de faixa de praia nesses setores.

Gráfico 3: Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método EPR.



Fonte: o autor.

Figura 11: Alcance do nível da água em eventos de preamar de sizígia.

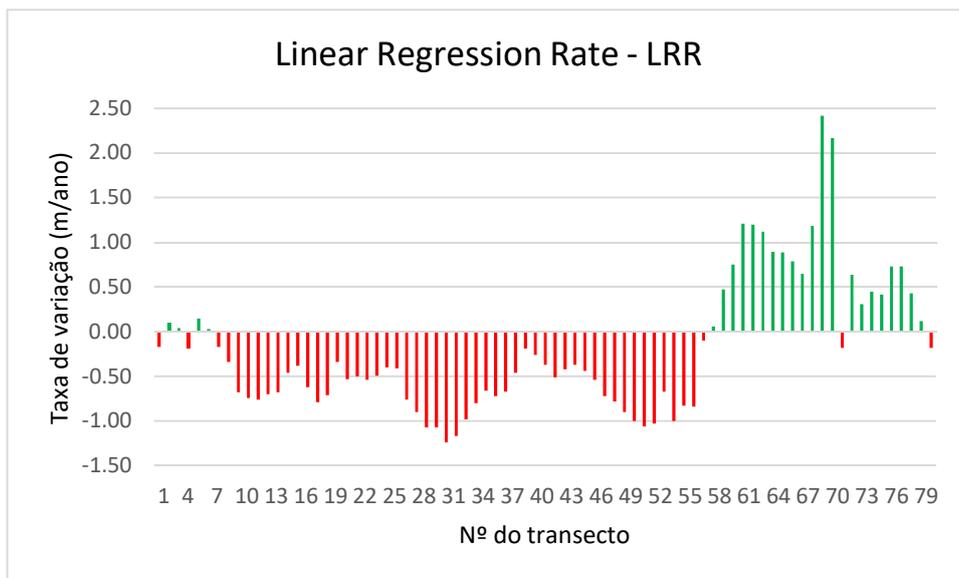


Fonte: o autor.

De acordo com o método LRR, a praia também apresentou uma configuração predominantemente erosiva, mas com taxas menores se comparadas ao método EPR. Os valores mais expressivos entre as taxas erosivas chegaram a -1,14 m/ano (gráfico 4), totalizando uma redução de faixa de praia nesse setor de cerca de 18,2 m no intervalo de tempo analisado. Já

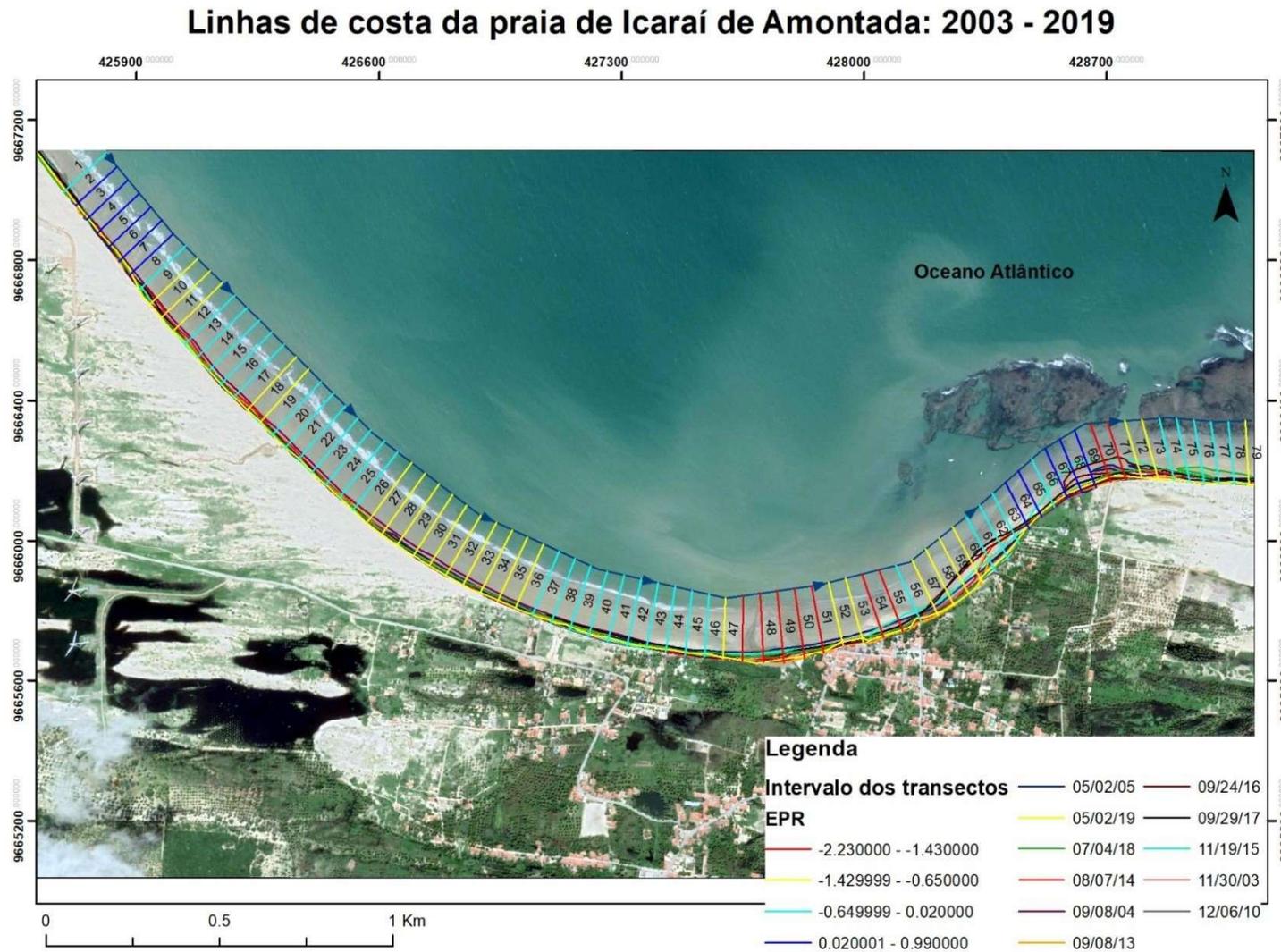
entre as taxas progradacionais, pôde-se observar uma acreção máxima de 2,42 m/ano, resultando em aproximadamente 38,7 m de ganho de faixa de praia no setor. Pôde-se observar também que ainda que as taxas sejam, em determinados transectos, bastante diferentes, há uma tendência no comportamento da praia nos dois métodos estatísticos analisados, onde os setores erosivos e progradacionais ocupam áreas semelhantes em ambos.

Gráfico 4: Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método LRR.



Fonte: o autor.

Figura 12: Linhas de costa da praia de Icaraí de Amontada nos anos de 2003, 2004, 2005, 2010,2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019.

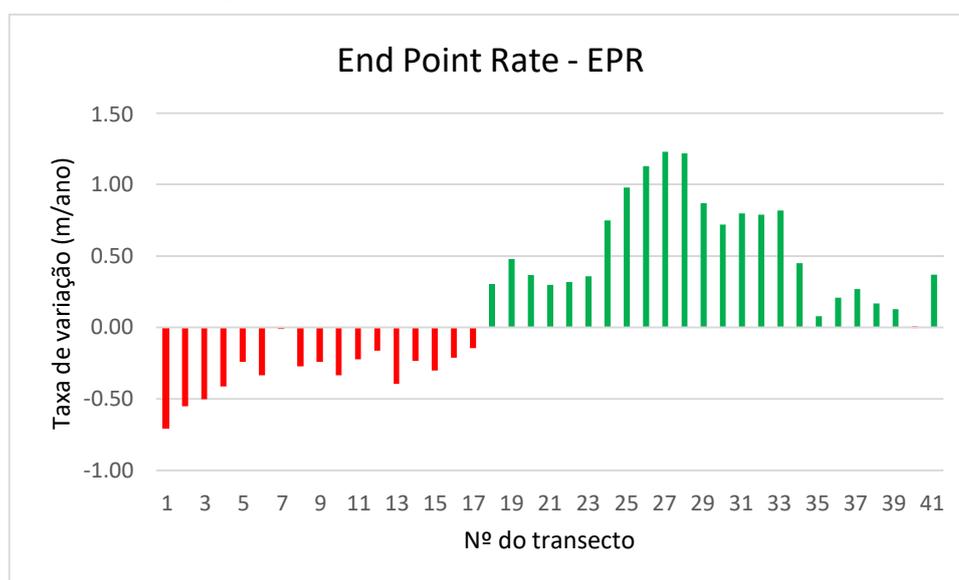


Fonte: o autor.

Já os resultados obtidos a partir da integralização das linhas de costa adquiridas em campo com as linhas de costa obtidas por imagens de satélites, com enfoque na região mais ocupada da praia de Icaraí de Amontada, demonstraram uma configuração mista nos dois métodos estatísticos utilizados, com um setor predominantemente erosivo, a oeste, e um setor predominantemente progradante, a leste, no intervalo de tempo analisado (figura 14).

A partir da análise dos resultados referentes ao método EPR, pôde-se observar uma taxa máxima erosiva de -0,71 m/ano (gráfico 5), o que, no intervalo de tempo analisado, representa uma erosão total de aproximadamente 11,3 m. Esse valor corresponde ao transecto 1, a extremo oeste da área analisada. Nesse método estatístico, o setor erosivo se estende até o transecto 17. Já o setor progradante, na região correspondente aos transecto 18 ao 41, obteve seu máximo progradacional no transecto 27, com uma taxa de acreção de 1,23 m/ano, resultando, em 16 anos, em um acréscimo de aproximadamente 19,6 m de faixa de praia. Entre o setor progradante, a região de maior progradação está entre os transectos 24 e 29.

Gráfico 5: Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método EPR.

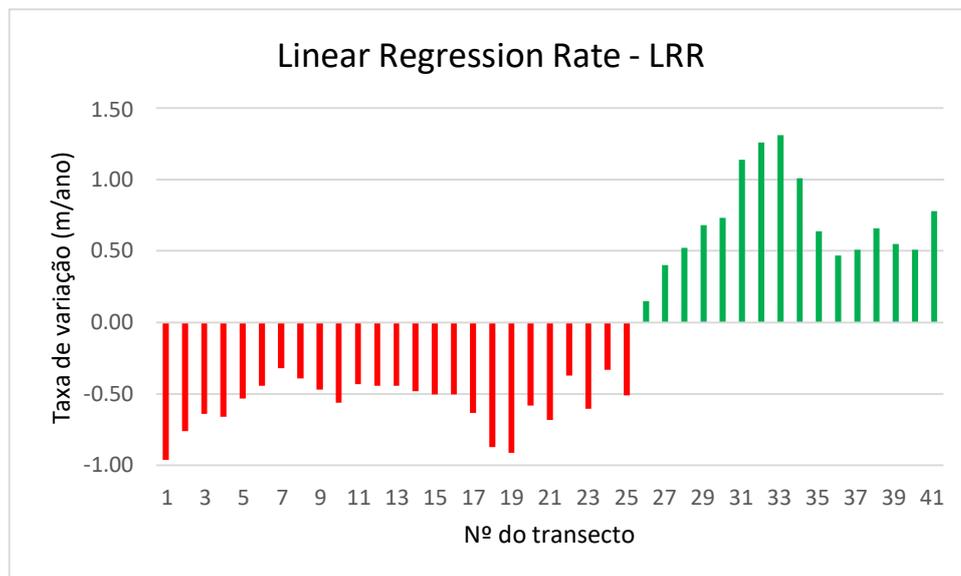


Fonte: o autor.

Já em relação aos resultados relativos ao método estatístico LRR, foi possível observar que, mesmo que o padrão seja similar ao método EPR (com o setor oeste erosivo e o setor leste progradante), há uma diferença em relação

aos tamanhos dos setores, sendo o setor erosivo maior no método LRR (gráfico 6). O valor máximo erosivo também se localiza no transecto 1, com uma taxa de -0,96 m/ano, o que resulta em um total de 15,3 m de faixa de praia perdida no intervalo de 16 anos. Porém, nesse método estatístico, o setor erosivo se estende até o transecto 25, abrangendo, assim, toda a região da vila de Icaraizinho (região com maior mancha de ocupação) no setor erosivo. Entre os transectos inseridos na região da vila de Icaraizinho, o que possui maior taxa de erosão é o transecto 21, com uma taxa de -0,68 m/ano, resultando em uma redução de faixa de praia de aproximadamente 10,8 m, no intervalo de tempo analisado. Em média, a taxa erosiva no setor da vila de Icaraizinho é de -0,5 m/ano, resultando assim, em uma diminuição de cerca de 8 m de faixa de praia na região, no intervalo de tempo analisado. Por ser o setor com maior quantidade de construções próximas à linha de costa, essa tendência erosiva ocasiona problemas relacionados a destruição do patrimônio edificado, sendo observadas intervenções antrópicas para conter os efeitos erosivos (figura 13).

Gráfico 6: Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2019 pelo método LRR.



Fonte: o autor.

Figura 13: Obra de contenção em edificações próximas à linha de costa.

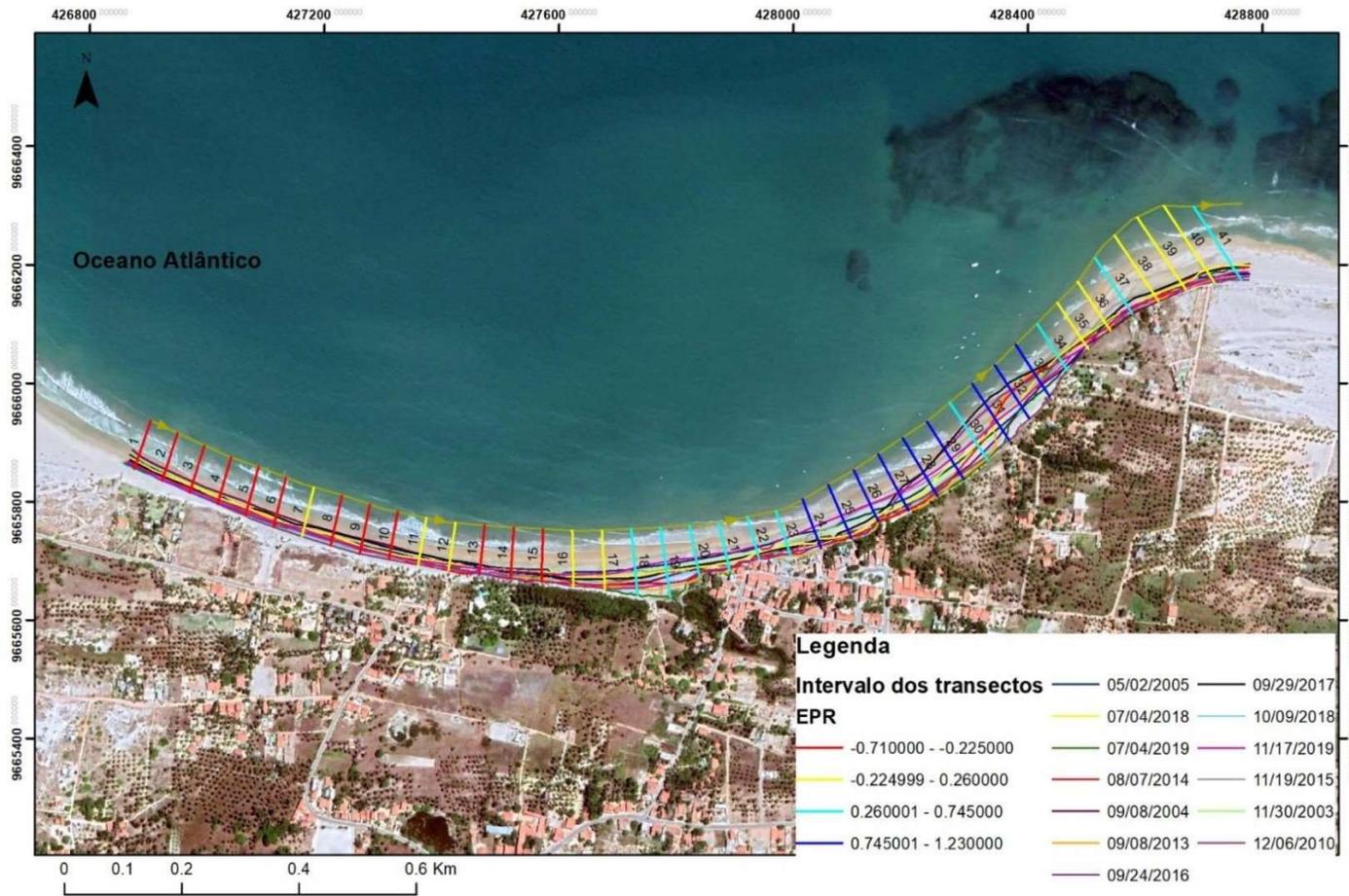


Fonte: o autor.

Em relação ao setor progradante, a leste, seu valor máximo de progradação foi de 1,31 m/ano no transecto 33, resultando, no espaço de tempo de 16 anos, em um aumento na faixa de praia nesse setor de, aproximadamente, 20,9 m. A existência desse setor progradante está possivelmente associada a ele estar inserido na zona de sombra ocasionada pelo promontório, que age atenuando a incidência das ondas e também por estar defronte à plataforma de abrasão, diminuindo a intensidade com que as ondas chegam nessa região (PINHEIRO *et al.*, 2001; MUEHE, 2005; MARINO e FREIRE, 2013; NASCIMENTO, 2018).

Figura 14: Linhas de costa da praia de Icaraí de Amontada entre os anos de 2003 a 2019.

### Linhas de costa da praia de Icaraí de Amontada: 2003 - 2019



Fonte: o autor.

### 6.1.1 Linhas de costa futuras

A partir da utilização da extensão DSAS para o *software* ArcGIS 10.5, foi possível estimar as posições da linha de costa de Icaraí de Amontada para os próximos 10 e 20 anos (figura 15) a partir do último dado de linha de costa utilizado, sendo essas futuras posições, 2029 e 2039, respectivamente. Tomando como base a linha de costa relativa ao ano de 2019, foi possível observar que, pelo comportamento da mesma, a maior parte da praia possuirá uma tendência erosiva, a exceção do setor mais a leste, que apresentará uma configuração progradante.

Foi observado que o setor progradante, a leste, obterá um deslocamento máximo da linha de costa em direção ao oceano de 47,22 m em 2029 e de 56,08 m em 2039. Posteriormente a região abrigada da ação das ondas, todo o restante da praia, a oeste, apresentará uma mobilidade da linha de costa em direção ao continente, demonstrando, assim, um comportamento erosivo. Entre as taxas máximas de deslocamento da linha de costa em direção ao continente, no extremo oeste da área estudada, pôde-se observar, aproximadamente, 8,56 m para o ano de 2029 e de 18,04 m para o ano de 2039.

Figura 15: Posições das linhas de costas futuras em 2029 e 2039 e proposição de limite para edificação.



Fonte: o autor.

Para melhor observação do comportamento da linha de costa através dos anos na região de maior ocupação da praia, a vila de Icaraizinho, a figura 16 é um *zoom* da figura 15 na área de interesse. Pode-se observar que na maior parte da vila, a linha de costa terá uma mobilidade em direção ao continente, estando, portanto, essa região em uma área erosiva, como também é possível observar nas figuras 12 e 14. Nesse setor, as maiores taxas observadas de mobilidade da linha de costa em direção ao continente são de 9,13 m em 2029 e de 14,13 m em 2039. Esses valores são consideravelmente preocupantes, uma vez que as construções nesse setor estão bem próximas à linha de costa, já demonstrando, atualmente, sofrerem com os processos erosivos.

O Projeto Orla (2006) orienta que, em praias urbanizadas, o limite de edificação seja de 200 m a partir da LPM e de 50 m para praias rurais. Icaraí de Amontada, entretanto, não se enquadra em nenhuma dessas classificações, por ser uma praia em processo de urbanização. Não seria, portanto, uma alternativa rentável uma proposição de limite de edificação de 200 m, uma vez que grande parte do lucro da região está relacionado ao turismo, sendo necessário que haja hotéis, pousadas, restaurantes e barracas de praia, para que seja fornecida uma melhor infraestrutura para os turistas.

Contudo, um limite de 50 m, como o considerado para praias rurais, também não seria uma alternativa inteligente, uma vez que os processos erosivos atuantes na região ocasionariam prejuízos para construções tão próximas da LPM. Paralelo a isso, a construção na região do pós-praia tão próxima à linha de costa pode interferir no balanço sedimentar da praia, pois essas podem agir barrando a deriva litorânea.

Então, de acordo com o Projeto Orla (2006), que afirma que, em casos de praias que indiquem uma tendência erosiva acentuada (com base em taxas anuais para períodos de 10 anos), como é o caso da praia de Icaraí de Amontada, pode ser calculada uma nova proposição de limite de edificação. Dessa forma, tendo sido consideradas as taxas erosivas de Icaraí de Amontada e as projeções de linhas de costa futuras, foi analisado que um limite de 120 m pode ser o indicado para a mesma (figura 16), uma vez que possibilita o desenvolvimento do turismo na região, ao passo que busca reduzir ao máximo os possíveis prejuízos decorrentes dos processos erosivos a curto e longo prazo.

Figura 16: Zoom das linhas de costas futuras de 2029 e 2039 e do limite de edificação no setor mais ocupado da praia de Icaraí de Amontada.



Fonte: o autor.

## 6.2. Análise da ocupação de Icaraí de Amontada a partir da utilização de *buffers*

A partir da delimitação do *buffer* de abrangência de 33 m (figura 17), correspondente a área de terrenos de marinha, definida pelo Decreto-Lei nº 9.760, de 1946, foi possível observar algumas edificações inseridas dentro desse limite, resultando em uma área edificada de aproximadamente 5628.2860 m<sup>2</sup> nessa região. Vale lembrar que o Projeto Orla (2006), também corrobora com essa área de não-edificação na região dos terrenos de marinha, por ser patrimônio da União. Contudo, o Projeto Orla um documento orientativo para o gerenciamento costeiro, não sendo obrigatória a adesão e cumprimento de seus parâmetros pelos municípios. Também é importante ressaltar que as construções que atualmente ocupam a área delimitada como terrenos de marinha podem, à época de sua criação, terem estado em concordância com essas diretrizes, uma vez que a linha de costa pode ter se modificado com o passar do tempo, devido ao caráter erosivo da região.

Outro fator que pode ter contribuído para essa ocupação na área de terrenos de marinha é a falta de conhecimento acerca do Projeto Orla e, conseqüentemente, das proposições de limites do mesmo.

Figura 17: Área edificada em terrenos de marinha.



Fonte: o autor.

Assim, uma revisão sobre a área de terrenos de marinha é necessária, como apontado por diversos autores (SOUZA, 2009; FILHO, 2014; ROSA *et al.*, 2018), devido, como já mencionado neste trabalho, à dificuldade de encontrar a Linha de Preamar Média de 1831 e, conseqüentemente, de definir com precisão a área pertencente aos terrenos de marinha.

Rosa *et al.* (2018), afirmam que as problemáticas resultantes da ocupação das áreas de terrenos de marinha são polêmicas e estão longe de serem solucionadas.

Há sugestões de que haja uma reformulação acerca da LPM utilizada para delimitação dos terrenos de marinha, para que a determinação da cota utilizada para essa delimitação considere as variações locais do nível médio do mar (LIMA, 2002), uma vez que a LPM de 1831, na maioria dos casos, já não corresponde mais à real linha de preamar (ROSA *et al.*, 2018).

Uma sugestão para melhor resolução desse problema é a municipalização acerca da delimitação dos terrenos de marinha, bem como a

adesão dos municípios ao Projeto Orla (FILHO, 2014), podendo, após capacitação dos gestores, propôr um convênio com a SPU (Secretaria Pública da União), assumindo para o município a função de fiscalizar e gerenciar a ocupação da orla, incluindo a área de terrenos de marinha.

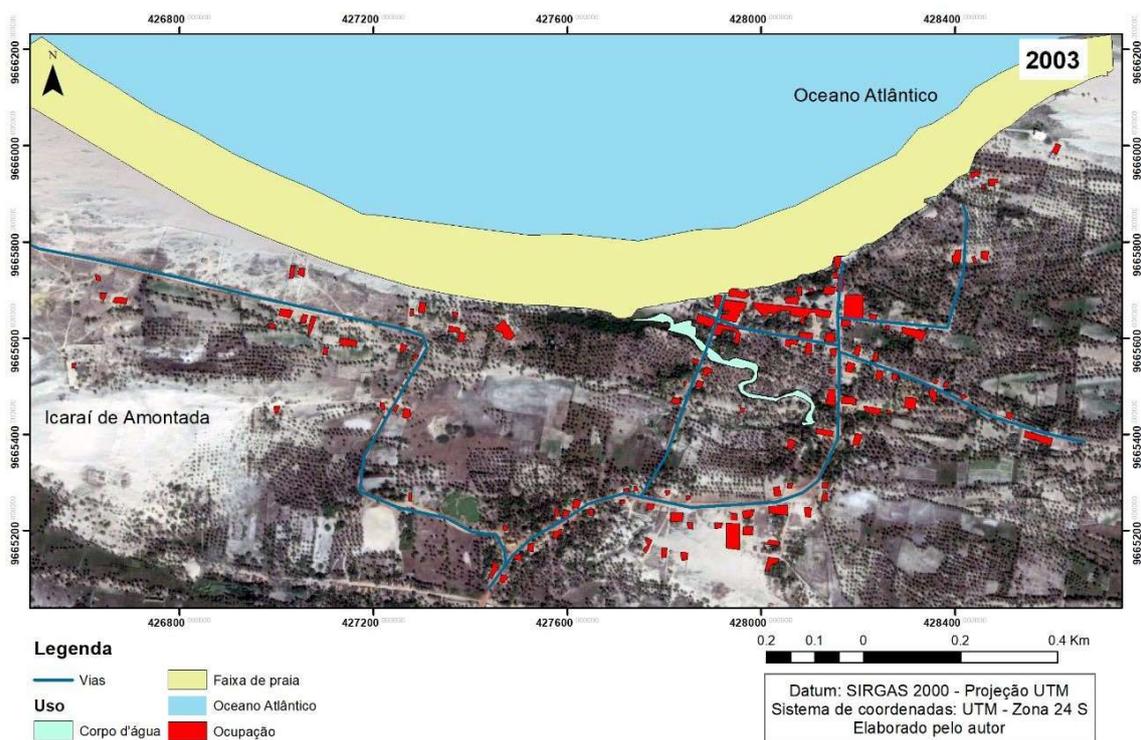
### **6.3 Análise do aumento da ocupação em Icaraí de Amontada**

A ocupação na praia de Icaraí de Amontada ocorre principalmente nas proximidades da linha de costa, tornando-as, assim, mais suscetíveis aos riscos e prejuízos decorrentes dos processos erosivos. Lins-de-Barros (2005), aponta uma problemática semelhante no litoral de Maricá, onde a falta de planejamento na ocupação costeira, sem limites de proteção e de áreas não-edificantes, resultou na ocupação desordenada em toda a praia e que isso ocasionou grandes prejuízos nas edificações do local.

O processo de ocupação na praia de Icaraí de Amontada foi bastante intenso entre os anos de 2003 e 2019, tendo, nesse período, quase triplicado o total de área ocupada. No ano de 2003, a área ocupada por edificações era de cerca 34080.2121 m<sup>2</sup> (figura 18), ao passo que, em 2019, essa área aumentou para aproximadamente 100477.4891 m<sup>2</sup> (figura 19).

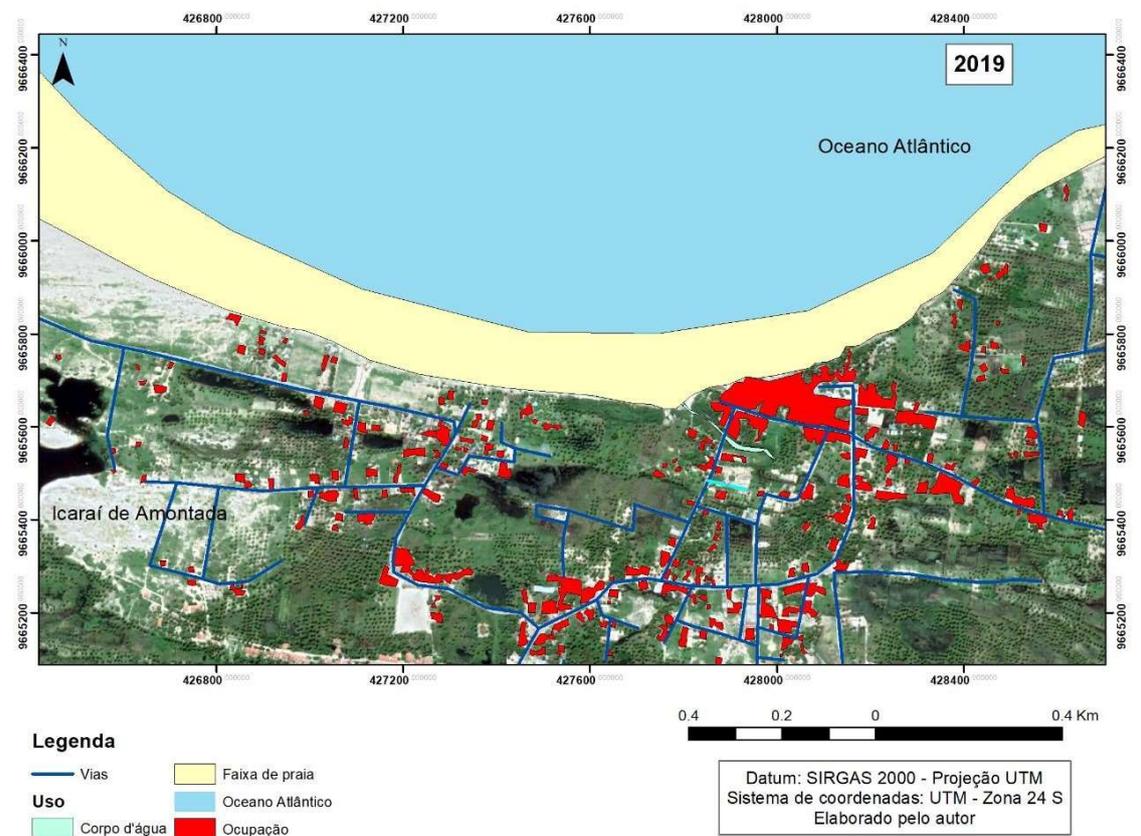
Além desse aumento na área edificada, observou-se também um grande aumento na quantidade de vias de acesso na área analisada, sendo esse fato, também, indicativo de aumento de ocupação na região.

Figura 18: Mapeamento da ocupação da praia de Icaraí de Amontada em 2003.



Fonte: o autor.

Figura 19: Mapeamento da ocupação da praia de Icaraí de Amontada em 2019.



Fonte: o autor.

Ao observar as imagens acima, é perceptível que o aumento na quantidade de construções ocorreu em toda a área analisada, contudo, amanha de ocupação é mais expressiva na região mais próxima da linha de costa e na região da vila de Icaraizinho, inserida na área correspondente ao perfil

3. Como observado nos resultados provenientes do DSAS, essa área está passando por um processo erosivo e o aumento da ocupação próxima à linha de costa nesse setor, além da ocorrência de obras de contenção, agravam os problemas relacionados a erosão (BARROS, PINHEIRO E MORAIS, 2020).

O alcance da linha d'água nas construções próximas à linha de costa, e consequente danos erosivos atrelados a ele, são agravados em situações de marés de sizígia, marés equinociais, *swell* e fenômenos como a “superlua”, que atuam potencializando a ação erosiva no litoral do Ceará (BARROS, 2018).

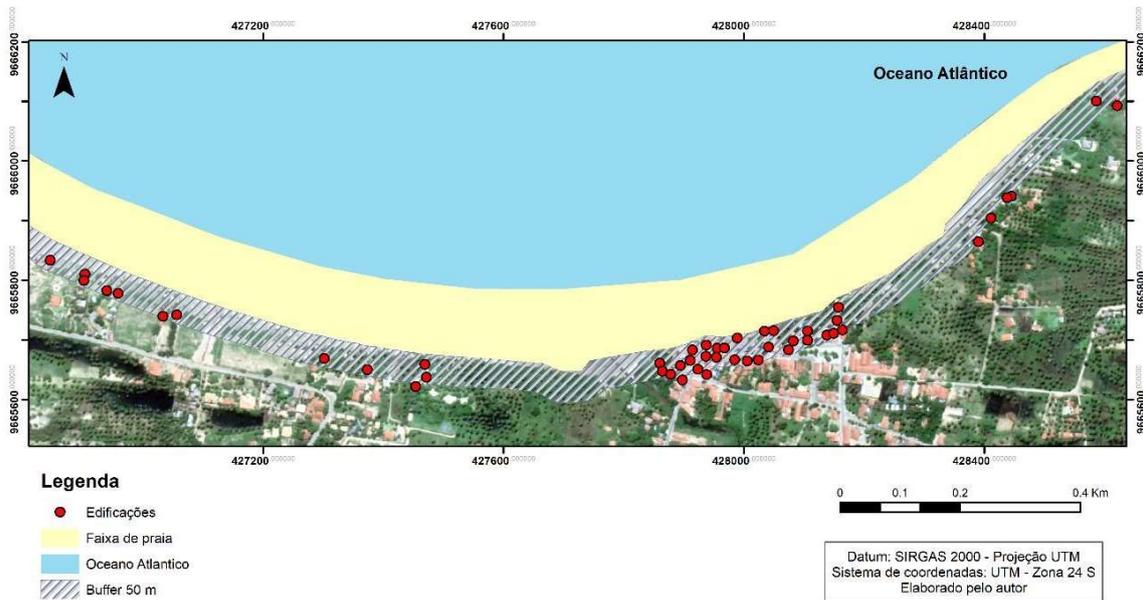
Por essa razão, torna-se novamente corroborada a importância de se estabelecer um limite de não-edificação na praia de Icaraí de Amontada, visando tanto uma redução dos danos ocasionados pelos processos erosivos nas futuras construções, como para tentar não interferir nos processos oceanográficos que atuam no ambiente praial.

A proposição desse limite, bem como um ordenamento em toda o litoral pode ser criado a partir da aderência do município ao Projeto Orla, uma vez que, para isso, são realizados estudos aprofundados na região, para compreender a dinâmica litorânea, bem como os processos oceanográficos costeiros que regem a praia. Com esses estudos, poderá ser feito um ordenamento costeiro sólido e eficaz, reduzindo, assim, a ocorrência de posteriores transtornos relacionados a perda de patrimônio edificado.

Foi realizado um levantamento acerca das construções existentes na frente de praia de Icaraí de Amontada, nos primeiros 50 m a partir da LPM adquirida no trabalho de campo de 2019, a fim de compreender o tipo de edificações mais ocorrentes nessa região.

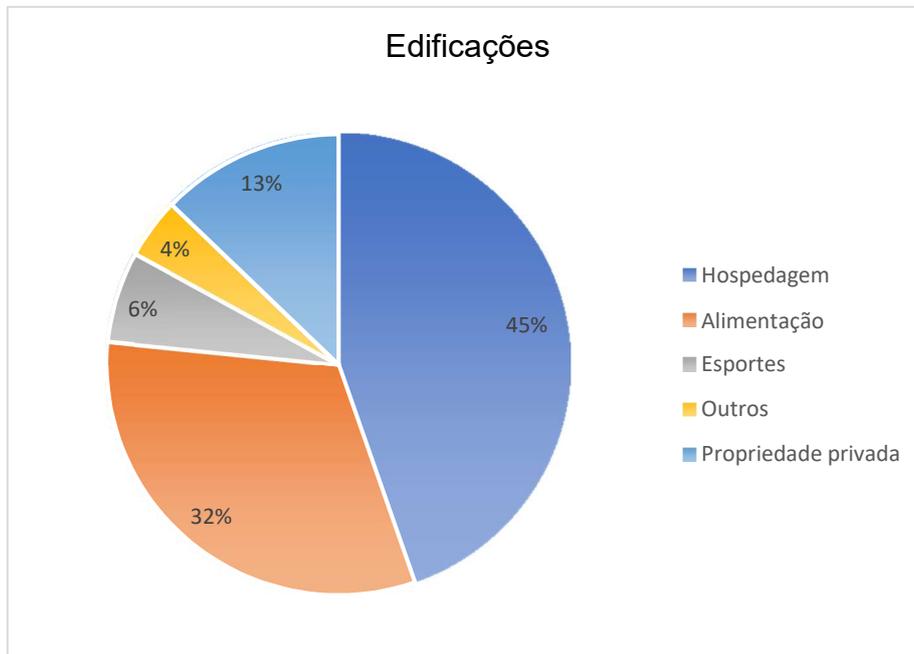
Foram observadas aproximadamente 48 edificações na frente de praia (figura 20), sendo elas agrupadas em hospedagens, espaços para alimentação (como bares, restaurantes e barracas de praia), escolas de esportes náuticos, propriedade privada e outros, como mostra o gráfico 7, bem como suas porcentagens.

Figura 20: Quantidade de edificações na frente de praia de Icaraí de Amontada (50 m a partir da LPM).



Fonte: o autor.

Gráfico 7: Classificação das edificações na frente de praia de Icaraí de Amontada.



Fonte: o autor.

Percebe-se, a partir da classificação das edificações, que a frente de praia de Icaraí de Amontada é ocupada, principalmente, por construções voltadas para o turismo na região, uma vez que quase metade das mesmas são constituídas de pousadas e hotéis. Além disso, observa-se também um grande efetivo de

espaços voltados para alimentação, como restaurantes e barracas de praia, e escolas de esportes náuticos, com ênfase no *kitesurf*, o que também demonstra esse teor majoritário de construções voltadas ao turismo.

Nas últimas décadas tem-se observado um maior desenvolvimento turístico nas praias do litoral Cearense, como Canoa Quebrada, Jericoacoara e Icaraí de Amontada. Uma causa, e também uma consequência disso, é a criação de aeroportos que facilitem o acesso a esses locais, como os aeroportos de Jericoacoara e Aracati (PAULA *et al.*, 2019). O fato dessa maior procura turística de praias como Icaraí de Amontada é, possivelmente, a justificativa para esse intenso aglomerado de construções voltadas ao turismo no local.

Os autores *op cit.* também afirmam que um dos principais problemas da gestão costeira no Brasil está relacionado ao fato das praias estarem sujeitas ao desenvolvimento econômico local, o que acaba não possibilitando uma gestão sustentável. Esse fato também é observado em Icaraí de Amontada, uma vez que o atrativo turístico, bem como a injeção de dinheiro a partir do mesmo, ocasionou essa quantidade de construções voltadas ao turismo bem próximas à linha de costa.

#### **6.4 Caracterização morfológica e sedimentológica de Icaraí de Amontada**

Os parâmetros para a caracterização morfológica e sedimentológica da praia de Icaraí de Amontada são decorrentes de dois perfis praias, sendo o primeiro realizado em outubro de 2018 e o segundo em julho de 2019.

Duarte (2018) afirma que há uma rápida modificação no perfil praias em decorrência de ganho ou perda de sedimentos, e que isso depende da energia das ondas e de parâmetros atmosféricos. Em Icaraí de Amontada, além desses fatores, a atuação da maré também impacta significativamente na modificação do perfil praias.

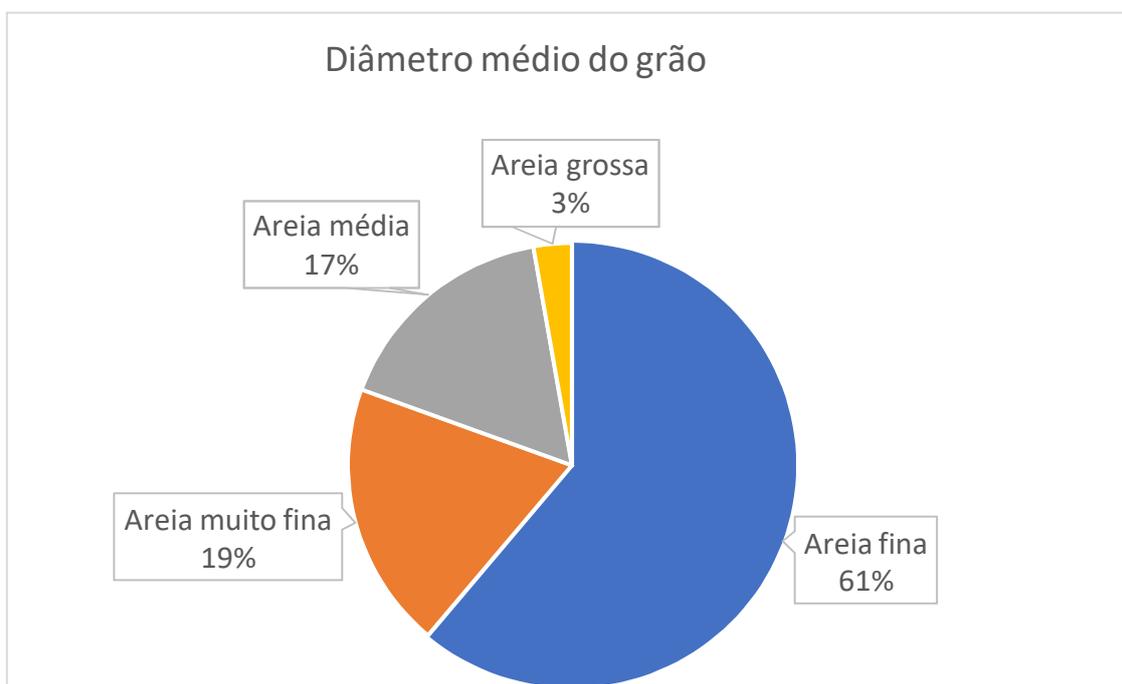
Vale ressaltar que, por serem analisados os resultados de apenas dois experimentos de campo (outubro de 2018 e julho de 2019), estes são apenas os primeiros ensaios, que podem servir como ponto de partida para posteriores trabalhos na região. Esses resultados contribuem para uma melhor análise acerca dos processos costeiros ocorrentes na praia de Icaraí de Amontada.

#### 6.4.1 Parâmetros sedimentológicos

Através dos dois trabalhos de campo, foram totalizadas 36 amostras, sendo 18 correspondentes ao campo de outubro de 2018 e as 18 restantes, correspondentes a julho de 2019.

De acordo com o diâmetro médio do grão, as amostras foram classificadas de forma geral como 61% sendo areia fina, 19% areia muito fina, 17% areia média e somente 3% de areia grossa (gráfico 8).

Gráfico 8: Classificação geral pelo diâmetro médio do grão.



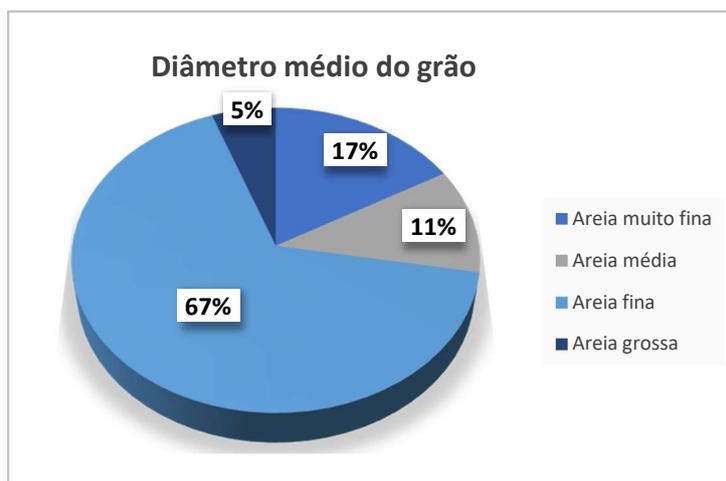
Fonte: o autor.

A tendência é que, em sedimentos praias, haja o predomínio de areias muito finas a areias médias (MARTINS, 2003; JESUS e ANDRADE, 2013), e em ambientes de baixa energia de ondas, como no caso de praias dissipativas como Icaraí de Amontada, há uma tendência de acúmulo de sedimentos finos (DAVIS JR. e FITZGERALD, 2004). O gráfico 8 demonstra que a praia de Icaraí de Amontada corrobora com as afirmações dos autores *op cit.*, uma vez que 80% dos sedimentos da mesma são classificados como areia fina ou areia muito fina. Outro fator que pode ocasionar essa elevada quantidade de areias mais finas é o transporte eólico, uma vez que sedimentos finos são mais facilmente transportados pela ação do vento (MAIA, 1998; LIMA, 2012).

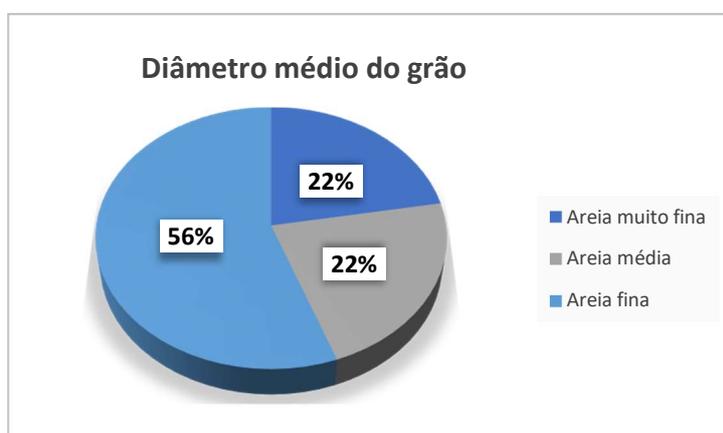
No gráfico 9 pode ser observada a classificação do grão no primeiro e no segundo trabalho de campo, individualmente. Observa-se que em ambos há o predomínio de areia fina, com mais da metade dos grãos, seguido de areia muito fina, fato corroborado pelos estudos dos autores citados acima.

Gráfico 9: Porcentagem individual do diâmetro médio do grão.

a) Outubro/2018



b) Julho/2019



Fonte: o autor.

As regiões de pós-praia dos perfis de monitoramento apresentaram em sua maioria, areia fina, como todo o restante da praia. O predomínio de sedimentos mais finos podem ser decorrentes da intensa atividade eólica na região (LIMA, 2012; DUARTE, 2018), bem como pela contribuição de sedimentos provenientes de dunas (MORAIS *et al.*, 2018). Porém, em alguns perfis é possível observar a ocorrência de areia grossa e areia média (gráficos 10 e 11). Em ambientes que são modificados principalmente pela ação das marés, e a

conjunção de marés com ondas, a maior energia das ondas se concentra na região superior do perfil, promovendo uma deposição maior de sedimentos mais grossos nas regiões da pós-praia (DAVIS JR. E FITZGERALD, 2004; BARROS, 2018).

As regiões de estirâncio também apresentaram, na sua maior parte, sedimentos finos, com uma predominância de areia fina seguida de areia muito fina. Contudo, houveram também ocorrência de sedimentos mais grossos, como areia média e areia grossa (gráficos 10 e 11). Barros (201) afirma que, no litoral de Icapuí/CE, essa diversidade no diâmetro dos grãos se dá pela atuação diária das marés nesse setor, ocasionando maior mobilização dos sedimentos.

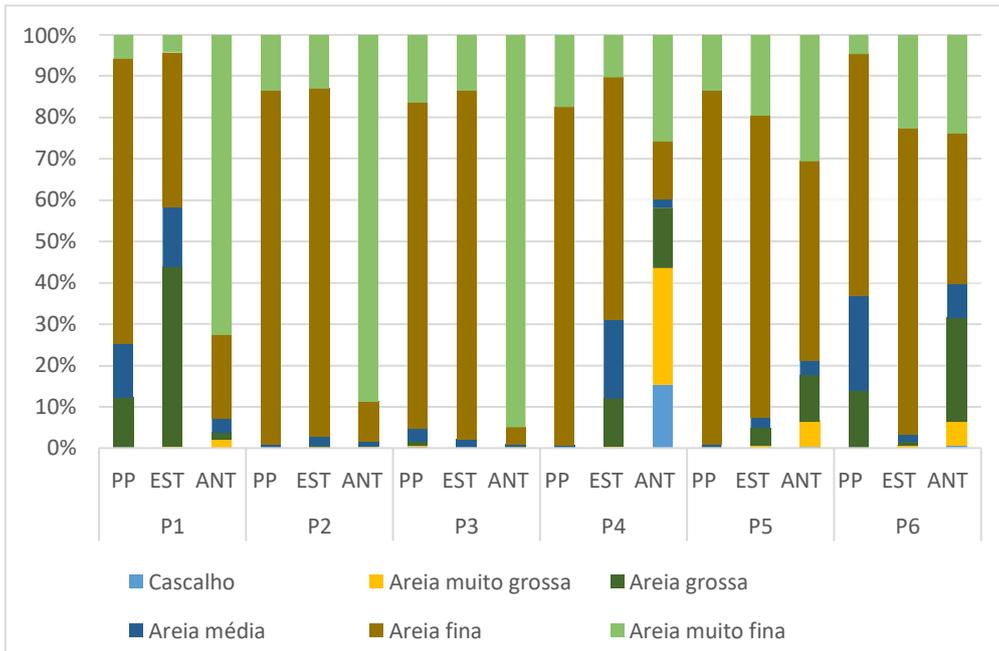
As áreas de antepraia da praia de Icaraí de Amontada obtiveram, na maioria das amostras, sedimentos muito finos e finos. Esse fato ocorre devido à essa região permanecer constantemente submersa, mesmo em eventos de baixa-mar de sizígia (BARROS, 2018). A partir da observação dos gráficos 10 e 11, pode-se perceber um incremento de sedimentos mais grossos na região da antepraia a partir do perfil de monitoramento 4, até o perfil de monitoramento 6. Esse aumento de sedimentos mais grossos pode ocorrer devido aos processos de refração e difração no promontório próximo ao ponto de monitoramento 1. A ocorrência do promontório resulta em uma zona abrigada da ação das ondas e, conseqüentemente, uma outra zona que fica exposta a ondas com maiores intensidades (MORAIS *et al.*, 1996; MORAIS *et al.*, 2002). Assim, essas ondas com maiores intensidades podem começar a agir a partir da região correspondente ao perfil de monitoramento 4, o que ocasiona um incremento nas condições hidrodinâmicas e maior remobilização dos sedimentos de fundo.

No perfil de monitoramento 1, a ocorrência de sedimentos mais grossos pode ser explicada pela ocorrência da plataforma de abrasão na região defronte ao mesmo, como explica Pinheiro *et al.* (2009), em Morro Branco (CE), onde os autores relacionam que a ocorrência de cascalho está restrita aos afloramentos da plataforma de abrasão.

O perfil de monitoramento 3 apresenta uma expressiva quantidade de sedimentos mais grossos na região da pós-praia no segundo trabalho de campo, com 39% de areia grossa e 20% de areia média (gráfico 11), o que pode estar relacionado com o fato de ser a área mais antropizada (PAULA e FARRAPEIRA NETO, 2017), por ser o perfil em que está inserida a vila de Icarazinho. Os

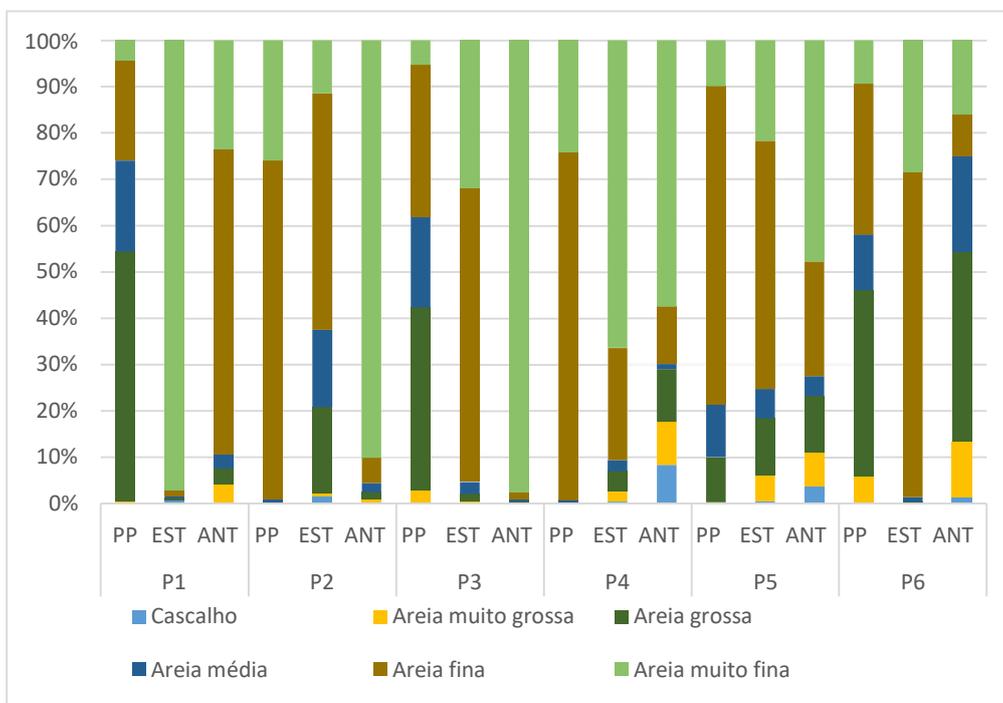
autores *op cit.*, afirmam que na praia do Icaraí (Caucaia/CE), os trechos com maior variabilidade textural coincidem com as áreas mais antropizadas da praia.

Gráfico 10: Frações granulométricas dos pontos de monitoramento em outubro/2018.



Fonte: o autor.

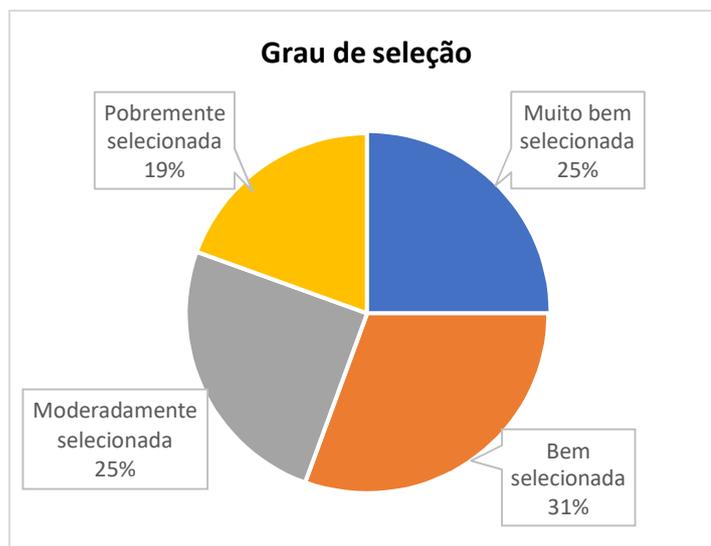
Gráfico 11: Frações granulométricas dos pontos de monitoramento em julho/2019.



Fonte: o autor.

Relacionado ao grau de seleção, 31% do total das amostras foram classificadas com bem selecionadas (11 amostras), 25% muito bem selecionadas (9 amostras), 25% moderadamente selecionadas (9 amostras) e 19% pobremente selecionadas (7 amostras), como demonstrado no gráfico 12.

Gráfico 12: Classificação geral pelo grau de seleção.



Fonte: o autor.

O grau de selecionamento é uma medida relacionada ao desvio padrão da distribuição de tamanho (FOLK, 1974; BRIGGS, 1977; JESUS E ANDRADE, 2013). Amostras classificadas como bem selecionadas apresentam menor variação de tamanho nos sedimentos, ao passo que amostras pobremente selecionadas apresentam maior variação (NICHOLS, 2009; JESUS E ANDRADE, 2013). Há também uma relação entre o diâmetro médio do grão e o grau de seleção, em que quanto menor for o diâmetro médio, mais bem selecionado é o grão (FARIAS, 2008). Essa afirmação se confirma em Icaraí de Amontada, uma vez que há predomínio de areia fina e muito fina (gráfico 8) e também de amostras bem selecionadas e muito bem selecionadas (gráfico 12).

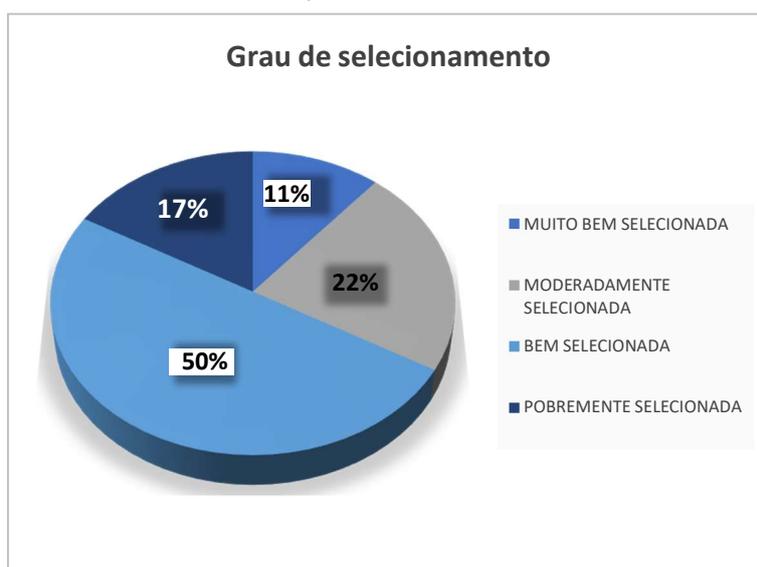
Sedimentos de praia, em geral, apresentam-se como moderadamente a bem selecionados e sedimentos eólicos são bem a muito bem selecionados (MARTINS, 2003). O grau de selecionamento em Icaraí de Amontada corrobora com essa afirmação, uma vez que há um predomínio de amostras bem selecionadas, seguidas de amostras moderadamente e muito bem selecionadas

(gráfico 12), o que demonstra a ocorrência também de sedimentos eólicos, provenientes do intenso transporte e erosão eólica na região.

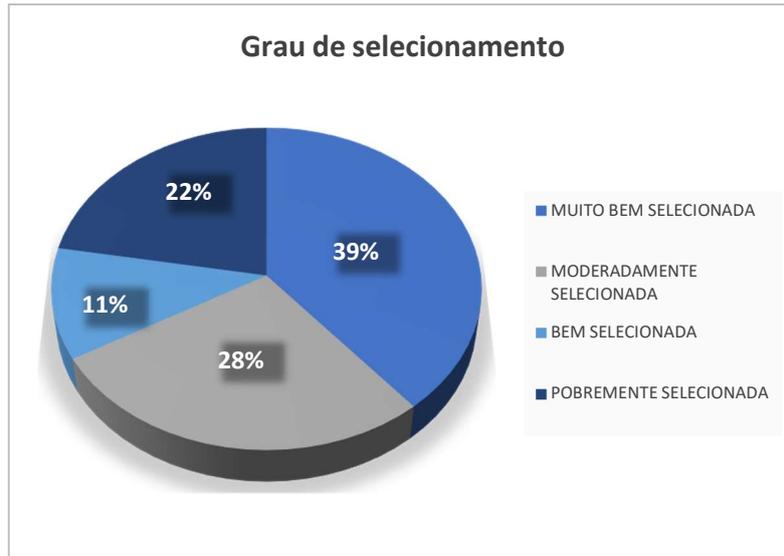
No gráfico 13 encontram-se os resultados individuais do primeiro (a) e do segundo (b) trabalho de campo. No primeiro, observa-se um predomínio de amostras bem selecionadas, com 50% (correspondente a 9 amostras). Já no segundo, o predomínio é de amostras muito bem selecionadas, 39% (7 amostras). Em segundo lugar, as amostras de ambos os trabalhos de campo foram classificadas como moderadamente selecionadas, com 22% no primeiro e 28% no segundo. Os percentuais de amostras pobremente selecionadas foram de 17% no primeiro campo e 22% no segundo e, por fim, a classificação com menor porcentagem nos dois trabalhos: 11% de amostras muito bem selecionadas no primeiro experimento e 11% de amostras bem selecionadas no segundo.

Gráfico 13: Porcentagem individual do grau de selecionamento dos grãos.

a) Outubro/2018



b) Julho/2019



Fonte: o autor.

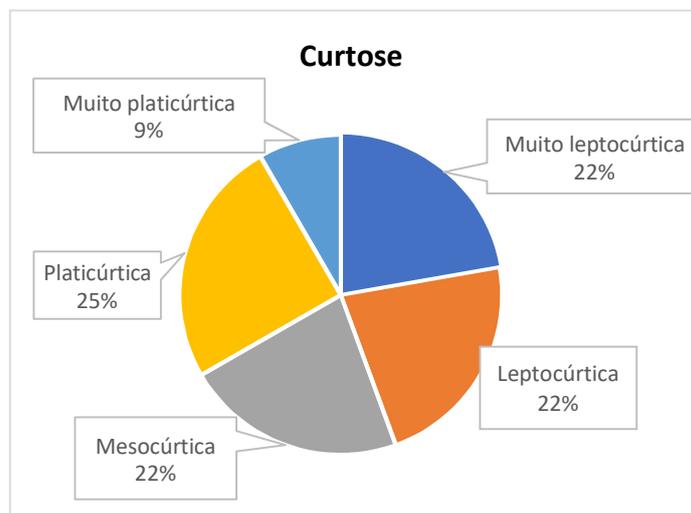
De forma geral, as amostras de cada um dos trabalhos de campo seguiram a afirmação de Martins (2003), apresentando um predomínio de amostras com bom e moderado selecionamento.

As amostras classificadas no primeiro trabalho de campo como pobrememente selecionadas foram 3: P4 antepiraia, P5 antepiraia e P6 antepiraia. Esse fato pode ser explicado pela ocorrência de grãos mais grossos na antepiraia a partir do P4 devido a ação mais forte das ondas, como já explicado no tópico de diâmetro médio do grão, em decorrência dos processos de refração e difração. Explica-se assim, de acordo com a afirmação de Farias (2008) de que grãos com maior diâmetro médio apresentam, normalmente, grãos pobrememente selecionados, a causa dessas três amostras se classificarem como pobrememente selecionadas. O mesmo ocorre com as amostras do segundo trabalho de campo, onde as amostras de antepiraia dos pontos 4, 5 e 6 também apresentam-se como pobrememente selecionadas.

Em relação a curtose, dentre todas as 36 amostras, 25% foram classificadas como platicúrticas (9 amostras), o percentual de amostras muito leptocúrticas, leptocúrticas e mesocúrticas foram iguais, cada uma com 22% (correspondente a 8 amostras para cada uma das classificações), e apenas 9% das amostras foram classificadas como muito platicúrticas (3 amostras), como demonstrado no gráfico 14. Dessa forma, o percentual de amostras leptocúrticas, incluindo as leptocúrticas e as muito leptocúrticas, foi de 44% (16 amostras), ao

passo que as amostras platicúrticas, que incluem as platicúrticas e as muito platicúrticas, foi de 34% (12 amostras).

Gráfico 14: Classificação geral pela curtose.



Fonte: o autor.

A curtose é um parâmetro relacionado a diferença entre a altura de uma classe de tamanho de grão em relação às outras. Quanto maior for essa diferença, maior será a curtose da amostra (FARIAS, 2008). A curtose pode ser classificada como platicúrtica, quando a curva é achatada, leptocúrtica, quando a mesma é alongada e mesocúrtica, quando a curva é normal. Quando os valores de curtose são muito altos ou muito baixos, pode-se inferir que o material foi transportado de sua área-fonte e depositado em outro local sem perder suas características originais (FOLK e WARD, 1957; JESUS E ANDRADE, 2013).

Curvas platicúrticas apresentam um espalhamento de sedimentos mais finos e mais grossos nas caudas, o que indica uma maior mistura. Já curvas leptocúrticas indicam sedimentos mais bem selecionados na parte central (FRIEDMAN, 1967; MARTINS, 2003).

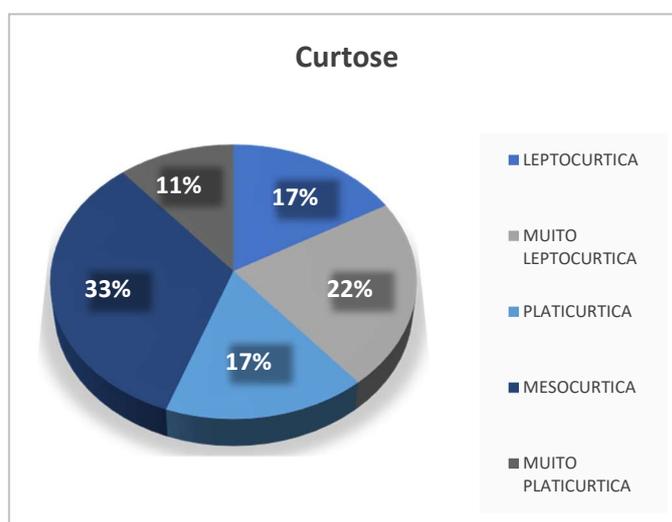
Em sedimentos praias, há uma tendência das amostras serem, geralmente, classificadas como leptocúrticas, ao passo que sedimentos eólicos apresentem curtose mesocúrtica (MARTINS, 2003). De fato, em Icaraí de Amontada há uma predominância de amostras leptocúrticas, totalizando, ao incluir as amostras leptocúrticas e muito leptocúrticas, 44% do total de amostras analisadas. A atividade intensa de ventos na região também corrobora com a

afirmação do autor *op cit.*, uma vez que amostras mesocúrticas correspondem a 22% do total.

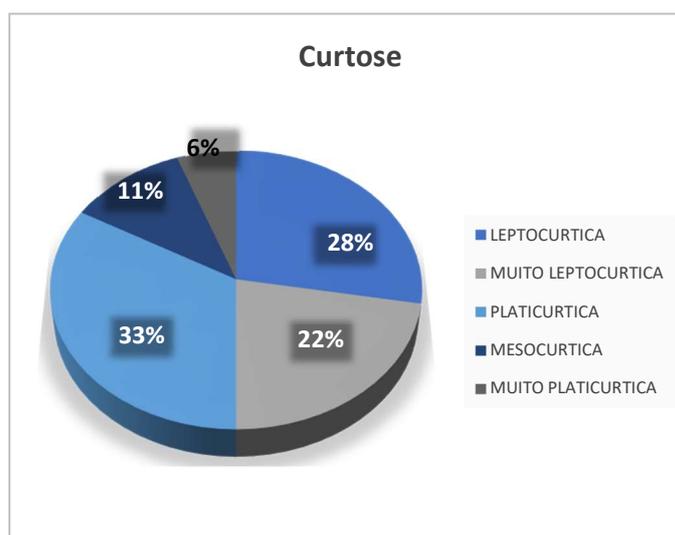
O gráfico 15 demonstra os resultados de curtose para cada um dos experimentos. No primeiro experimento, a ordem de classificação das amostras foi: 33% mesocúrticas, 22% muito leptocúrticas, 17% tanto para amostras leptocúrticas como platicúrticas e, por fim, 11% muito platicúrticas. Já no segundo experimento, houve um predomínio de amostras platicúrticas, correspondente a 33%, seguido de amostras leptocúrticas, com 28%, muito leptocúrticas (22%), mesocúrticas (11%) e muito platicúrticas, com apenas 6%.

Gráfico 15: Porcentagem individual da curtose dos grãos.

a) Outubro/2018



b) Julho/2019



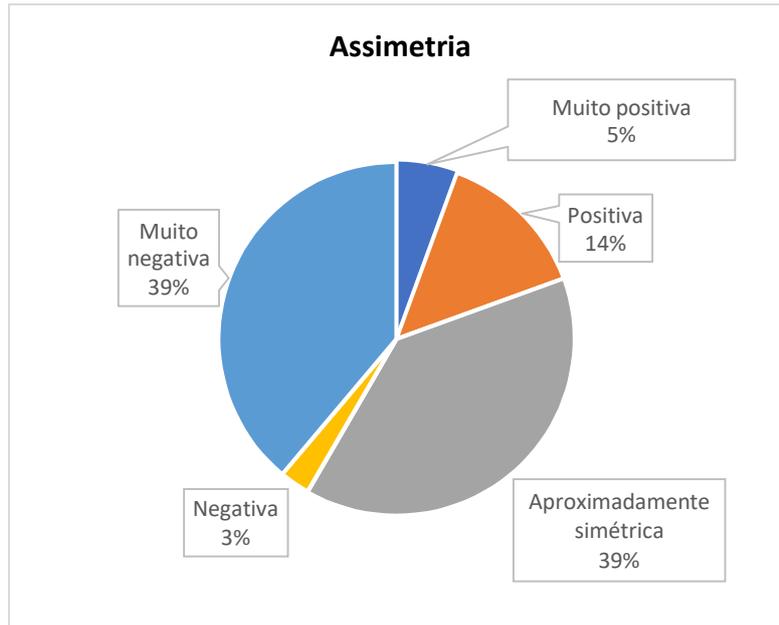
Fonte: o autor.

Os resultados individuais também demonstram estar em concordância com Martins (2003), apresentando, ambos, um predomínio de sedimentos leptocúrticos. No gráfico 15 – a, temos um total de 39% das amostras leptocúrticas, sendo 17% leptocúrticas e 22% muito leptocúrticas. No gráfico 15 – b, correspondente ao segundo trabalho de campo, o total de amostras leptocúrticas é de 48%, onde 28% são amostras leptocúrticas e 22% muito leptocúrticas. Esse predomínio de amostras leptocúrticas é característico de sedimentos praias.

Outra relação que também se mostrou válida para a praia de Icaraí de Amontada foi a proposta por Friedman (1967), de que curvas leptocúrticas indicam sedimentos mais bem selecionados na porção central. Essa afirmação pode ser corroborada ao comparar os gráficos de grau de seleção (gráfico 13) com os de curtose (gráfico 15). No primeiro trabalho de campo, onde o percentual de amostras leptocúrticas e muito leptocúrticas foram, juntos, de 39%, 50% das amostras foram classificadas como bem selecionadas e 11% muito bem selecionadas. Já no segundo trabalho de campo, com 48% das amostras sendo leptocúrticas ou muito leptocúrticas, as amostras muito bem selecionadas foram de 39% e bem selecionadas 11%.

De acordo com a assimetria das amostras, as maiores quantidades foram assimetria muito negativa e aproximadamente simétrica, ambas com 39% (correspondente a 14 amostras de cada uma), seguidas de 14% de assimetria positiva (5 amostras), 5% muito positiva (2 amostras) e 3% negativa, com somente uma amostra possuindo esta classificação, como demonstrado no gráfico 16. Assim, o percentual total de amostras de assimetria negativa, incluindo assimetria negativa e muito negativa, foi de 42%, resultando em um total de 15 amostras. Já as amostras com assimetria positiva, englobando aquelas com assimetria positiva e muito positiva, foi de 19%, resultando em 7 amostras.

Gráfico 16: Classificação geral pela assimetria.



Fonte: o autor.

A assimetria tem relação direta com os dados de média, moda e mediana, quando esses dados apresentam valores diferentes, ocorre uma curva assimétrica (FARIAS, 2008). Quando esses valores são semelhantes, a distribuição é considerada simétrica (ANDRIOTTI, 2003; DIAS, 2004). A assimetria é considerada positiva quando tem-se uma tendência a grãos mais finos e negativa quando os grãos possuem uma tendência a serem mais grossos (DIAS, 2004; FARIAS, 2008; JESUS E ANDRADE, 2013).

A assimetria é um parâmetro que possui relação com o ambiente de deposição, onde sedimentos de praias geralmente apresentam uma tendência a assimetria negativa e sedimentos de dunas, assimetria positiva (FRIEDMAN, 1961; MARTINS, 1965; JESUS E ANDRADE, 2013). O comportamento da praia de Icaraí de Amontada, relacionado a assimetria, corrobora com tais afirmações, uma vez que as amostras são predominantemente negativas, com 39% muito negativas e 3% negativas, totalizando 42% (15 amostras). A assimetria positiva pode ser explicada a partir da ocorrência de um transporte de fluxo unidirecional, no caso dos sedimentos de dunas, o vento.

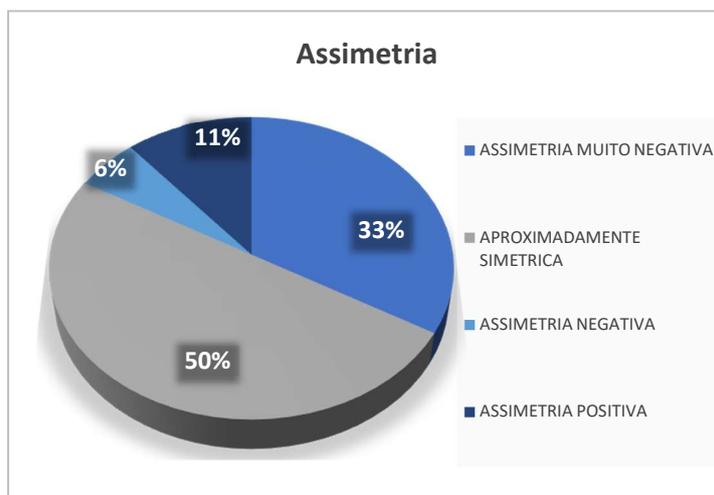
O elevado percentual de amostras aproximadamente simétricas, 39%, pode ser resultado da interação entre os sedimentos de praia e o alto índice de

sedimentos transportados pelo vento, o que ocasiona um ambiente com características tanto de praia como eólicas.

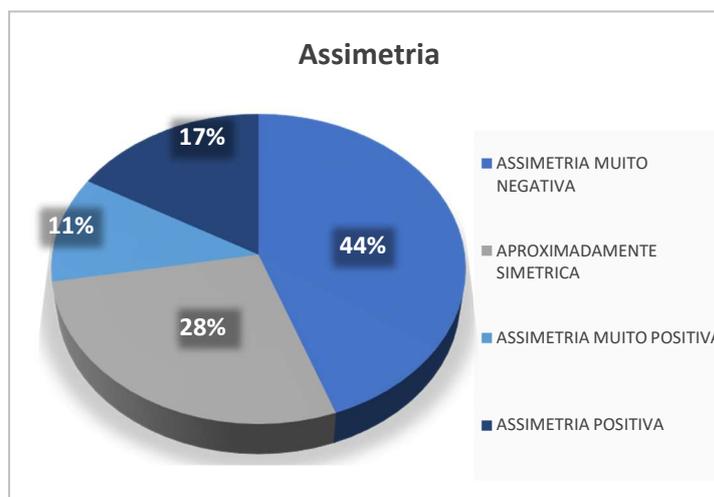
O gráfico 17 demonstra o comportamento da praia de Icaraí de Amontada em relação a assimetria no (a) primeiro e no (b) segundo trabalho de campo. No primeiro, pode-se observar um predomínio de sedimentos aproximadamente simétricos, com 50%, ou seja, 9 amostras. A assimetria negativa, englobando, aqui, sedimentos com assimetria negativa e muito negativa, correspondeu a 39%, sendo 33% assimetria muito negativa e 6% assimetria negativa. Os 11% restantes foram classificados como assimetria positiva, correspondendo a 2 amostras.

Gráfico 17: Porcentagem individual de assimetria dos grãos.

a) Outubro/2018



b) Julho/2019



Fonte: o autor.

Já no segundo (gráfico 17 – b), observa-se um elevado percentual de assimetria muito negativa, com 44% (8 amostras), seguido de 28% de amostras aproximadamente simétricas (5 amostras) e 28% de assimetria positiva, englobando assimetria positiva, 17% (3 amostras) e muito positiva, 11% (2 amostras).

Em ambos os trabalhos de campo, têm-se um predomínio de amostras negativas e aproximadamente simétricas, o que corrobora com a afirmação de Martins (2010) de que sedimentos de praia possuem uma tendência a assimetria negativa. Os sedimentos aproximadamente simétricos também aparecem com altos percentuais, possivelmente devido a ação dos ventos na região, trazendo uma configuração mista para a praia de Icaraí de Amontada.

Já os sedimentos de assimetria positiva (entre positiva e muito positiva), ocorrem majoritariamente nas regiões de pós-praia. Isso ocorre, possivelmente, devido a configuração da praia de Icaraí de Amontada de terraços de baixa-mar (PINHEIRO *et al.*, 2016), onde a pós-praia só é completamente alcançada pela ação das ondas e das marés em eventos de preamar de sizígia. Por essa razão, as regiões de pós-praia são modificadas, principalmente, pela ação dos ventos, o que explica a ocorrência de sedimentos com assimetria positiva.

## **6.4.2. Caracterização morfológica**

### **6.4.2.1 Ponto de monitoramento 1**

O ponto de monitoramento 1 é marcado pela ocorrência de uma duna na região do pós-praia (figura 21), que pode ser percebida no gráfico 18, uma vez que a altitude do referencial de nível é de aproximadamente 4,6 m, e pela presença de uma plataforma de abrasão na sua antepraia (figura 22), também perceptível no gráfico 18, onde esta região chega a alcançar, aproximadamente, 100 m de comprimento, tornando este o perfil com região de antepraia mais extensa.

O extenso estirâncio é uma configuração comum a todos os pontos de monitoramento da praia de Icaraí de Amontada, uma vez que, de acordo com Pinheiro *et al* (2016), a praia é caracterizada como Terraços de Baixa-Mar, o que significa que a ação das marés é o principal agente atuante da praia. As praias desse tipo são consideradas intermediárias com o menor nível de energia e a

atuação das marés na região do estirâncio corrobora com a configuração mais aplainada do terreno.

No intervalo de tempo entre 2018 e 2019, pode-se perceber um pequeno incremento da duna e erosão na região do estirâncio. Uma das possíveis causas dessa diferenciação pode ser devido ao transporte de sedimentos da região do estirâncio para alimentação da duna. Além disso, a região da antepraia apresentou um comprimento maior no ano de 2018, se comparado ao ano de 2019. Isso ocorreu devido a altura da baixa-mar que, como demonstrado no quadro 3, foi menor em 2018 do que em 2019, possibilitando maior caminhamento sobre a plataforma de abrasão.

Figura 21: Duna e eolianito.



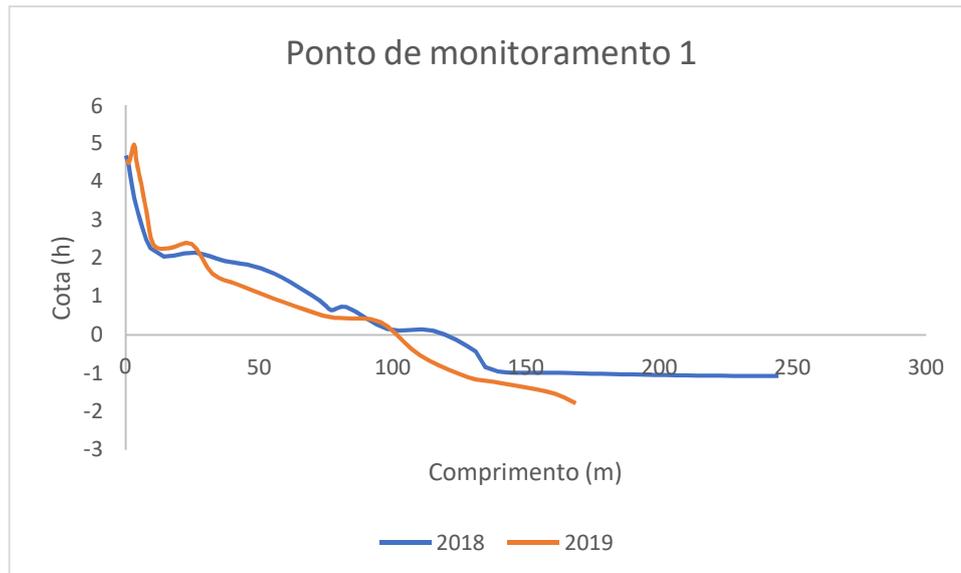
Fonte: o autor.

Figura 22: Plataforma de abrasão.



Fonte: o autor.

Gráfico 18: Ponto de monitoramento 1 nos anos de 2018 e 2019.



Fonte: o autor.

A partir dos resultados provenientes das projeções de linhas de costa futuras, observa-se que o setor correspondente ao ponto de monitoramento 1 passará por um processo de progradação, ou seja, de engorda da praia. Isso acontecerá, possivelmente, pela atuação do promontório na dinâmica das ondas no local, que atua bloqueando parte do sedimento transportado pela deriva litorânea e provoca um acúmulo de sedimento a barlar do promontório (SILVA *et al.*, 2016), mas também ocasiona o aporte sedimentar na região a sotamar do promontório a partir do *bypass* litorâneo (CLAUDINO-SALES E CARVALHO, 2014; MAGALHÃES, 2015).

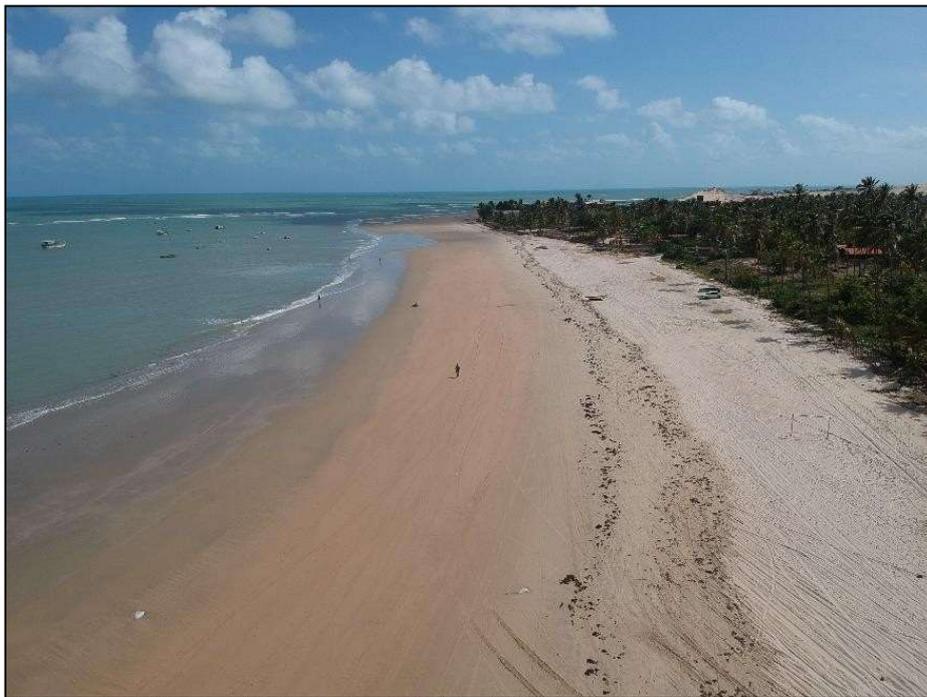
Outro possível fator que propiciará essa progradação é a ocorrência da plataforma de abrasão na região da antepraia do ponto de monitoramento 1, uma vez que, em regiões que são protegidas por afloramentos rochosos, como *beach rocks* e plataformas de abrasão, os mesmos atuam como um obstáculo que diminui a força de chegada das ondas, dissipando a energia das mesmas e

promovendo uma maior conservação da linha de costa (PINHEIRO *et al.*, 2001; MUEHE, 2005; MARINO e FREIRE, 2013; NASCIMENTO, 2018).

#### **6.4.2.2 Ponto de monitoramento 2**

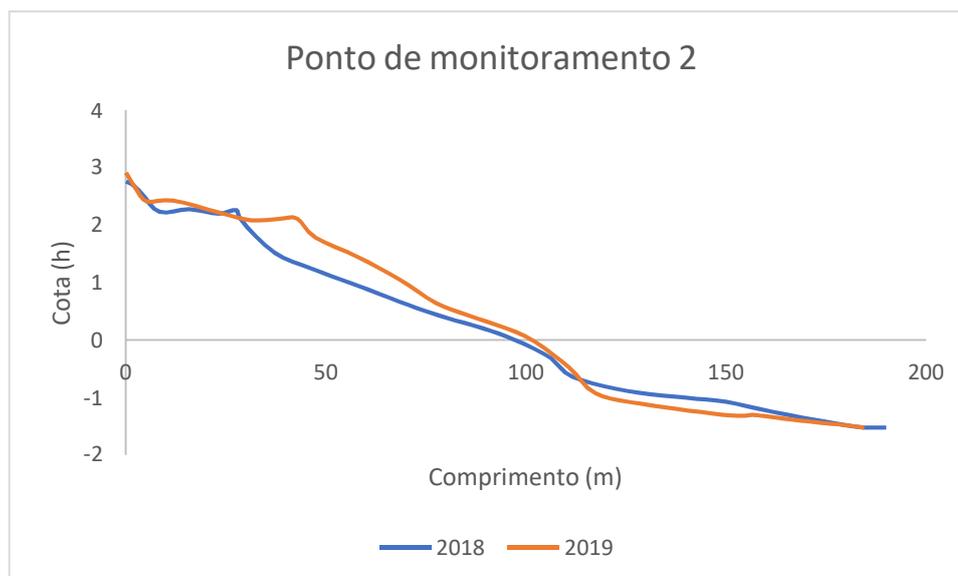
O ponto de monitoramento 2 se inicia com uma altitude de referencial de nível de aproximadamente 2.76 m. Seu estirâncio é extenso (figura 23), com cerca de 70 m e a região da antepraia possui cerca de 85 m. Se desconsiderássemos o ponto 1 (devido a ocorrência da plataforma de abrasão), o ponto de monitoramento 2 seria o ponto com a região da antepraia mais extensa de toda a área estudada. Ao comparar os anos de 2018 e 2019 no gráfico 19, é possível observar uma acresção na região do estirâncio, bem como uma pequena diminuição na região da antepraia.

Figura 23: Extensão do estirâncio no ponto de monitoramento 2.



Fonte: o autor.

Gráfico 19: Ponto de monitoramento 2 nos anos de 2018 e 2019.



Fonte: o autor.

Na região entre o ponto de monitoramento 2 e do ponto de monitoramento 3 é possível encontrar algumas obras de contenção (figura 24), o que demonstra que já são percebidos os efeitos da erosão costeira nesse setor da praia, já havendo necessidade de desenvolver artifícios para contê-los.

A necessidade de utilização de medidas de contenção foi observada durante os eventos de preamar em marés de sizígia, onde o nível da água se alcança, como demonstrado na figura 11. Esse indicativo demonstra que as construções próximas à linha de costa já estão sob a influência dos processos erosivos da região. Mais uma vez percebe-se a importância de um ordenamento da ocupação costeira, com a finalidade de diminuir os prejuízos decorrentes da erosão em edificações futuras.

Figura 24: Ocorrência de obras de contenção nas edificações próximas à linha de costa.

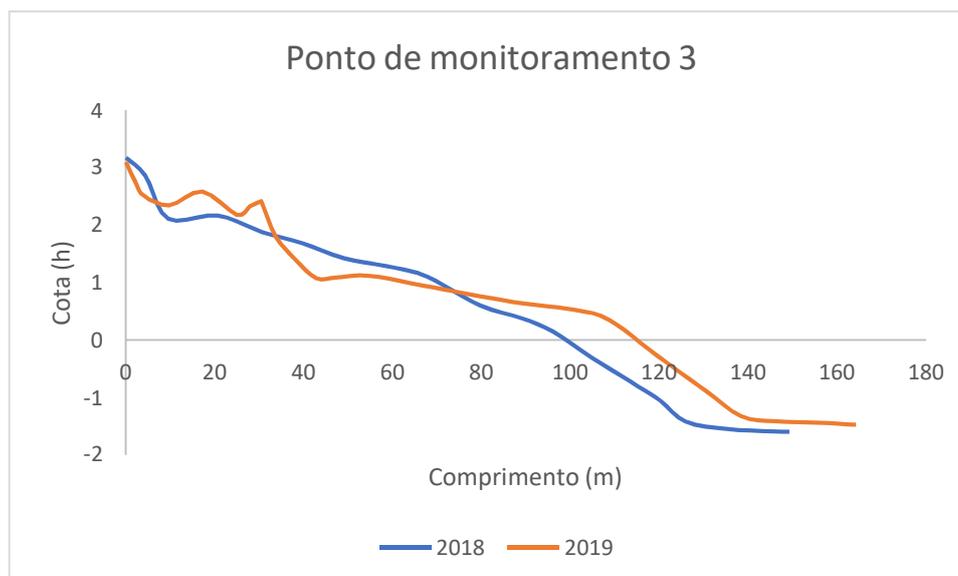


Fonte: o autor.

#### 6.4.2.3 Ponto de monitoramento 3

O ponto de monitoramento 3 é o único ponto que está inserido dentro da vila de Icaraí de Amontada. Sua altitude referencial de nível é de aproximadamente 3,17 m. É possível observar no gráfico 20, em um comparativo entre os anos de 2018 e 2019, um incremento na região do pós-praia, bem como na antepraia. Contudo, uma pequena redução é observada na região do estirâncio.

Gráfico 20: Ponto de monitoramento 3 nos anos de 2018 e 2019.



Fonte: o autor.

De acordo com os resultados adquiridos a partir do uso da extensão DSAS (figura 12), o ponto de monitoramento 3 está inserido na área que apresenta algum nível erosivo. Ainda que sejam taxas pequenas, os efeitos dessa erosão já são percebidos e obras de contenção para reduzi-los já são observadas (figura 25). A partir do ponto de monitoramento 3, tanto em direção ao ponto de monitoramento 2 como em direção ao ponto de monitoramento 4, existem obras de contenção, o que corrobora com a percepção dos impactos erosivos. Paralelo a isso, é no ponto de monitoramento 3 que estão localizadas a maioria das edificações próximas à linha de costa (figura 26). Por essa razão, é necessária uma delimitação segura de um limite edificante na praia de Icaraí de Amontada, para, dessa forma, diminuir as perdas relacionadas aos processos erosivos na praia, especialmente nos setores mais erosivos.

Uma ocupação desregrada próxima à linha de costa, torna essas construções suscetíveis aos processos erosivos, surgindo, assim, a necessidade de implantar obras de contenção nessas edificações. É na região do ponto de monitoramento 3 que se encontram a maior parte das obras de contenção na praia de Icaraí de Amontada. Isso ocorre por ser também a região de maior ocupação da mesma. Muehe (2005) afirma que, ao se ter uma atividade erosiva que coloque em risco as edificações, a resposta imediata é a colocação de defesas para conter a erosão, como enrocamentos, muros, sacos de areia,

pneus e etc, e que isso pode interferir no perfil dinâmico da praia e no fluxo de sedimentos, amplificando, assim, os processos erosivos na região.

Figura 25: Obras de contenção próximas à linha de costa.



Fonte: o autor.

Figura 26: Área com intensa ocupação no ponto de monitoramento 3.



Fonte: o autor.

Um ordenamento da ocupação costeira é necessário, inclusive, para ajudar a reduzir os processos erosivos na praia de Icaraí de Amontada, uma vez que uma ocupação desregrada e próxima à linha de costa resulta em ações individuais de proteção contra a erosão, como já citado acima: sacos de areia, enrocamentos, pedras, e etc. A utilização dessas medidas de contenção sem estudo prévio podem acabar se tornando pequenas armadilhas de sedimentos, interferindo assim, na dinâmica costeira local (BARROS, PINHEIRO e MORAIS, 2020) e agravando os processos erosivos.

#### 6.4.2.4 Ponto de monitoramento 4

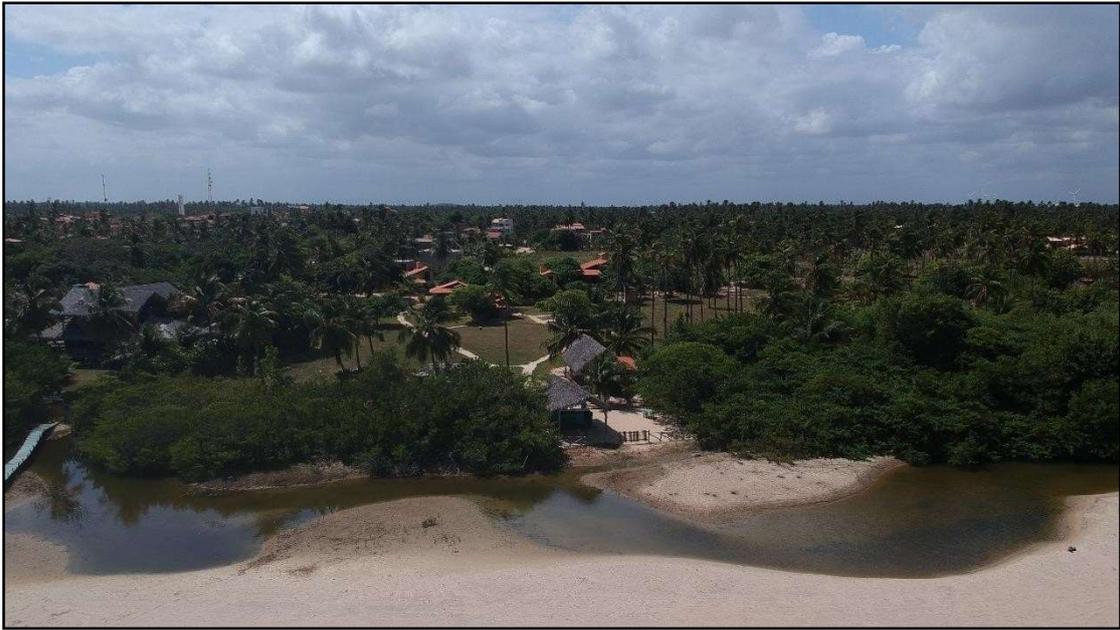
O ponto de monitoramento 4 é marcado, principalmente, pela ocorrência de uma área inundável (figura 27) e pelo crescimento de uma vegetação de mangue que se estende por grande parte da área (figura 28). Na região foi observada a ocorrência de uma pequena ponte sobre a área inundável (figura 29), o que mostra que essa inundação é constante e sua área é expressiva.

Figura 27: Vegetação de mangue e área inundável.



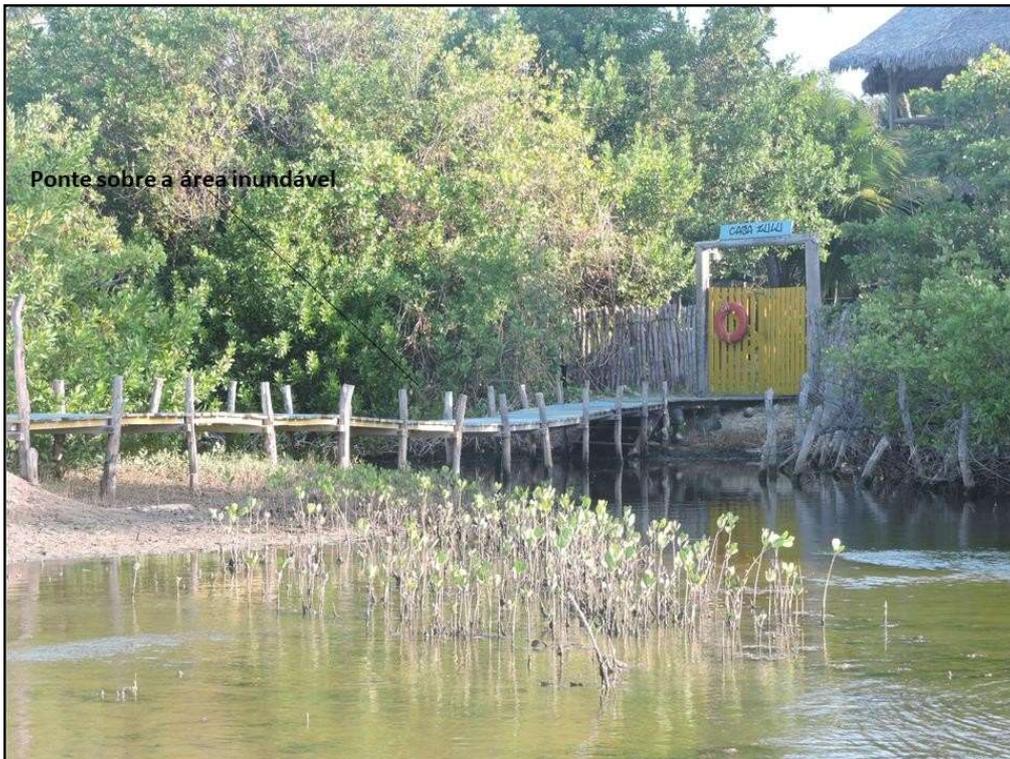
Fonte: o autor.

Figura 28: Área de abrangência da vegetação de mangue.



Fonte: o autor.

Figura 29: Ponte sobre a área inundável.



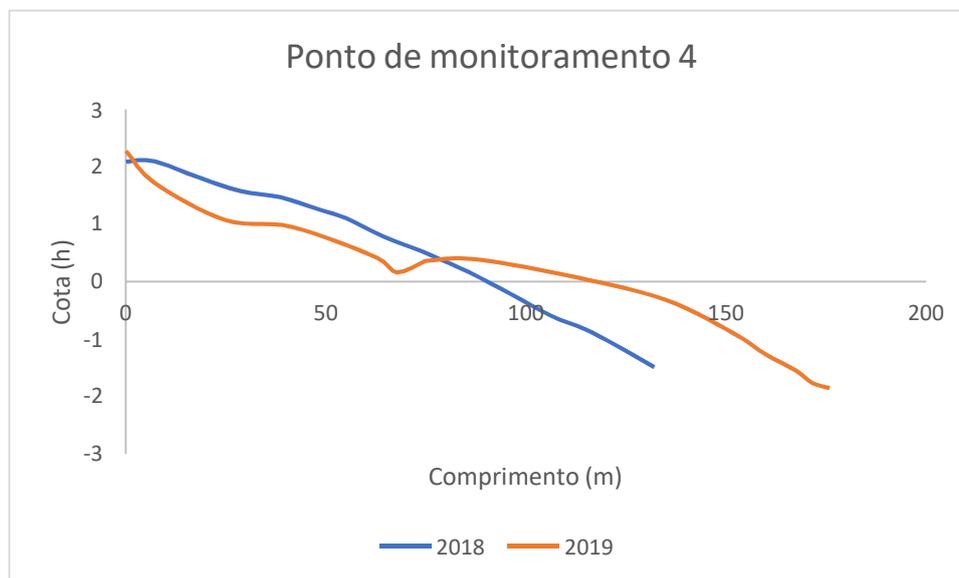
Ponte sobre a área inundável

Fonte: o autor.

Comparando os anos de 2018 e 2019 (gráfico 21) é possível observar que houve uma inversão morfológica do perfil, uma vez que em 2018 a região do pós-praia possuía maior pacote sedimentar e a região da antepraia, menor, mas

em 2019 houve uma inversão, com uma perceptível redução no pós-praia e acreção na antepraia.

Gráfico 21: Ponto de monitoramento 4 nos anos de 2018 e 2019.



Fonte: o autor.

O ponto de monitoramento 4 também está inserido em uma área de erosão costeira, contudo, não configura um problema erosivo, uma vez que o mesmo só ocorre quando os processos erosivos atuam em locais onde há ocupação e, conseqüentemente, causa danos ao patrimônio edificado (FARIAS, 2008). Então, como o ponto de monitoramento 4 está em uma área sem ocupação, os processos erosivos, intrínsecos aos ambientes praias, não causam problemas.

Observa-se também que, a partir do ponto de monitoramento 4 há um incremento de sedimentos mais grossos nos perfis, possivelmente devido a incidência das ondas que foram refratadas e difratadas pelo promontório, chegando a essas áreas com mais força e aumentando a remobilização do fundo. A partir deste ponto de monitoramento, inicia-se o setor com maiores taxas erosivas, de acordo com os resultados do DSAS das imagens de satélite com a integralização das linhas de costa adquiridas em campo, bem como o setor que sofrerá maior retrogradação a partir dos resultados de projeções das linhas de costa para os próximos 10 e 20 anos.

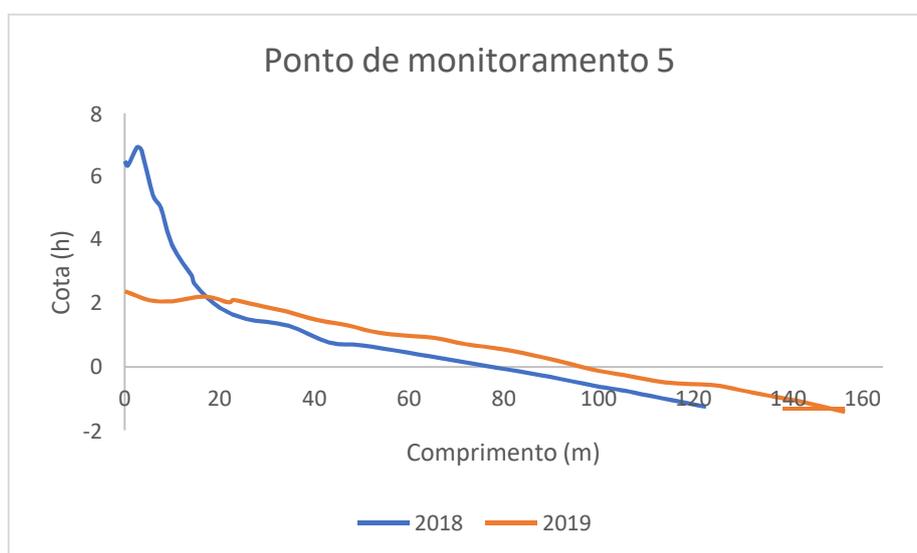
É para manter regiões como estas protegidas que foi proposto uma linha de não-edificação, para que, evitando novas construções próximas à linha de

costa, não sejam aumentados os problemas decorrentes da erosão costeira em Icaraí de Amontada. A preservação de áreas sem edificação ou com poucas construções só continuará se houver um plano de gerenciamento costeiro e ordenação da ocupação que evite a construção em áreas com propensão a riscos erosionais. A adesão do município ao Projeto Orla também pode auxiliar na preservação desses ambientes, sendo uma alternativa viável para um ordenamento da ocupação costeira.

#### 6.4.2.5 Ponto de monitoramento 5

O ponto de monitoramento 5 é marcado pela ocorrência de uma “duna frontal”, que na realidade, observada a partir de imagens aéreas (figuras 30 e 31), são eolianitos que estão sendo capeados pela duna. O grande marco entre os anos de 2018 e 2019 é a diminuição dessa “duna”, que passou de cerca de 6,5 m de altura para aproximadamente 2,3 m (gráfico 22). Essa diminuição pode ser observada a partir da figura 32, que demonstra a variação do tamanho da mesma no espaço de tempo de um ano. Houve uma pequena acresção em todo o restante do perfil.

Gráfico 22: Ponto de monitoramento 5 nos anos de 2018 e 2019.



Fonte: o autor.

Em campo, foi possível identificar uma planície de deflação na região do pós-praia, com transporte de sedimento constante. Foi possível observar também que a região do estirâncio apresenta sedimentos mais grossos, se

comparados à região da duna, o que indica que o sedimento fino do estirâncio é rapidamente carregado para a duna frontal e para o restante da praia.

Figura 30: Imagem aérea demonstrando a duna capeando o eolianito.



Fonte: o autor.

Figura 31: Eolianito capeado pela duna.



Fonte: o autor.

Figura 32: Duna formada em cima de eolianito, em 2018 e 2020, respectivamente.



Fonte: o autor.

Entre os possíveis fatores que ocasionaram essa diminuição na região da duna, o mais provável é a erosão eólica, pois os ventos constantes na região transportam esses sedimentos rapidamente. Essa hipótese é corroborada pela ocorrência, no topo da duna, de uma tentativa de fixação do sedimento a partir da utilização de palhas de coqueiros (figura 33), entretanto pareceu não haver eficácia. Possivelmente essa ação constante do vento pode ser a principal causa dessa diminuição da duna entre os anos de 2018 e 2019. Além disso, as eventuais ocorrências de grandes marés de sizígia durante o ano também podem colaborar com essa erosão.

Figura 33: Utilização de palhas de coqueiros na região da duna como tentativa de reter o sedimento.



Fonte: o autor.

No ponto de monitoramento 5 a ocupação é bastante reduzida, então, os processos erosivos também não configuram um grande problema neste setor. Este ponto de monitoramento, bem como o posterior, são marcados pela ocorrência de dunas frontais, que atuam como linha de defesa dos processos erosivos (BARROS, 2018). Por essa razão, é importante que haja uma preservação neste setor, a fim de manter essa proteção fornecida pelas dunas frontais. Em campo, foi observado que na região superior da duna frontal já há cercas de proteção para delimitação de terreno, o que pode ser um indicativo de posterior construção no local.

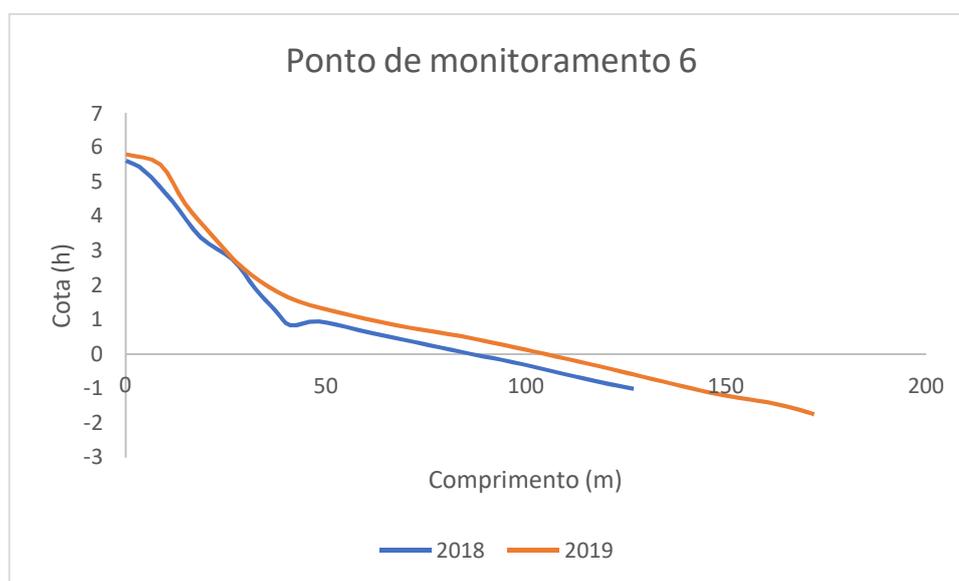
Mostra-se mais uma vez a necessidade de um plano de ordenamento costeiro e de um limite de não-edificação, a fim de proteger a região de dunas frontais e, conseqüentemente, manter sua ação protetora, uma vez que este setor está inserido no de maior erosão.

#### 6.4.2.6 Ponto de monitoramento 6

Ao observar o gráfico 23, percebe-se que o ponto de monitoramento 6 foi o que teve menor variação morfológica entre os anos de 2018 e 2019, apresentando uma pequena acresção em todo o perfil.

O ponto de monitoramento 6 inicia-se em uma altitude referencial de nível de aproximadamente 5,6 m, mas abruptamente essa cota cai para cerca de 1 m em apenas 40 m de comprimento. Essa altitude ocorre devido a ocorrência de uma duna frontal no início do perfil, onde há a construção de uma pousada em cima da mesma (figura 34). Após essa diminuição abrupta no perfil, retorna-se a configuração mais suavizada, como nos outros pontos de monitoramento.

Gráfico 23: Ponto de monitoramento 6 nos anos de 2018 e 2019.



Fonte: o autor.

Figura 34: Pousada construída em cima da duna.



Fonte: o autor.

Aqui, bem como no ponto de monitoramento 5, percebe-se a necessidade de estipular um limite edificante na praia de Icaraí de Amontada, para que, dessa forma, as próximas construções não se localizem tão próximas da linha de costa ou em locais indevidos, como em cima de uma região de duna frontal, visando, assim, uma diminuição na problemática de perda de patrimônio edificável pela ação dos processos erosivos atuantes na praia, principalmente neste setor, que sofrerá com a ação erosiva mais fortemente nos próximos anos, de acordo com os resultados de projeções de linhas de costa futuras. De acordo com esses resultados, é na região do ponto de monitoramento 6 que a erosão costeira atingirá seus maiores valores nos próximos 20 anos.

## 7. CONCLUSÕES

- A partir da análise da variação da linha de costa da praia de Icaraí de Amontada, é possível observar que a mesma possui um caráter predominantemente erosivo, a partir da análise do DSAS através dos métodos estatísticos EPR e LRR. As maiores taxas erosivas observadas variaram entre -2,23 m/ano no método EPR, ocasionando, no espaço de tempo de 16 anos, uma redução de aproximadamente 35,6 m de faixa de praia e -1,24 m/ano no método LRR, resultando em uma diminuição na faixa de praia de cerca de 19,8 m;
- É observado também que, embora predominantemente erosiva, a praia de Icaraí de Amontada possui um setor progradante, localizado a leste da área de estudo. Essa região de acreção apresenta valores máximos de 0,99 m/ano pelo método EPR, incrementando a faixa de praia na região em aproximadamente 15,8 m e 2,42 m/ano pelo método LRR, resultando em um acréscimo de cerca de 38,7 m de faixa de praia;
- Ao analisar os resultados referentes a posição das linhas de costa futuras para os próximos 10 e 20 anos, observa-se que a praia de Icaraí de Amontada permanecerá com uma tendência erosiva, sendo, portanto, importante que seja respeitado o limite de área edificante proposto neste trabalho, com a finalidade de minimizar os riscos e prejuízos causados pelos processos costeiros na região;
- É perceptível um considerável aumento de área edificada em Icaraí de Amontada, com enfoque especial na vila de Icaraizinho, onde a mancha de ocupação é mais intensa. Esse aumento, provavelmente ocasionado em sua maioria pela atividade turística na região, corrobora também com a importância de considerar o limite proposto para edificações, uma vez que essas construções decorrentes da expansão turística buscam cada vez mais estarem próximas à linha de costa;
- Através do presente estudo, percebe-se que um dos principais agentes modificadores da praia de Icaraí de Amontada é a força eólica, sendo, portanto, a erosão ocasionada por esse agente também bastante atuante. Fato este percebido pela diminuição da duna frontal, tentativas de fixação

dos sedimentos e intensa mobilização de sedimentos na região do pós-praia pelo vento, como observado em campo;

- O presente trabalho contribuiu para fornecer um melhor entendimento da evolução da linha de costa de Icaraí de Amontada, bem como para observar suas tendências. Entretanto, esse estudo é considerado um primeiro ensaio acerca da região, podendo servir como base para estudos posteriores, que busquem caracterizar o comportamento morfodinâmico da mesma;
- Foi observada a necessidade de um ordenamento costeiro na praia de Icaraí de Amontada, e uma ótima maneira de realizá-lo de forma efetiva seria a aderência do município de Amontada ao Projeto Orla, respeitando os limites propostos por ele e realizando um estudo mais aprofundado acerca de uma área de não-edificação, visando, principalmente proteger as regiões da praia que ainda não sofrem com a especulação imobiliária e reduzir os prejuízos decorrentes da erosão costeira na mesma;
- Por fim, ressalta-se a necessidade de um monitoramento para melhor gestão da região uma vez que, por possuir um alto atrativo turístico, é bastante passível de que hajam construções à linha de costa. Esse monitoramento também poderá, em um momento inicial, ser responsável por informar acerca da proposição de limite edificante na área e, posteriormente, fiscalizar obras de construção, para que as mesmas respeitem este limite.

## 8. REFERÊNCIAS

ALFREDINI, P. **Obras e gestão de portos e costas**. 1.ed., São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2005.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. Editora Unisinos. 1ª Edição. São Leopoldo. 165 p. 2003.

BARROS, E. L. **Erosão Costeira no litoral do município de Icapuí-CE na última década: causas, consequências e perspectivas futuras**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2018.

BIRD, E. **Coastal Geomorphology. An Introduction**. Second Edition. p. 67 – 106. Australia: Wiley, 2008.

BOAK, E.H. and TURNER, I.L., 2005. **Shoreline Definition and Detection: A Review**. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688–703. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

BRIGGS, D. *Sediments*. Fakenham, Norfolk: **Fakenham Press limited**, 1977. 192pp.

BROWN, A. C; MCLACHLAN, A. **Ecology of Sandy shores** (328 pp.) 1990.

CARVALHO, A. M; MAIA, L. P; DOMINGUEZ, J. M. L. A deriva e o transporte litorâneo de sedimentos no trecho entre Cumbuco e Matões – Costa noroeste do estado do Ceará. **Arquivo de Ciências do Mar**. 40: 43-51. 2007.

CLAUDINO-SALES, V. C., CARVALHO, A.M. Dinâmica costeira controlada por promontórios no estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Geociências**. São Paulo, UNESP, v. 33, n. 4, p.579-595. 2014.

CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P.; BUCKLEY, M. K. **Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy**. *Journal of Coastal Research*, 7 (3), 839 852. Ft. Lauderdale (Florida), ISSN 0749 0208. 1991.

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

**Decreto-lei n. 9.760, de 5 de setembro de 1946**. Dispõe sobre os bens imóveis da União e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del9760.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del9760.htm)>.

Dias, J. A., 2004 **A análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica)** Universidade do Algarve, UALg 84p e-book da versão preliminar. Disponível em [http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb\\_Sediment.html](http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_Sediment.html). Acessado em 22/05/2021.

DOLAN R., HAYDEN, B., HEYWOOD, J. A new photogrammetric method for determining shoreline erosion. **Coastal Engineering**. v.2. p. 21-39. 1978.

Dominguez, J.M.L. – **Avaliação regional do problema da erosão na região nordeste do Brasil**. Disponível em: <http://www.cpgg.ufba.br/lec/eros.htm>. Acessado em: 03 de Novembro de 2020.

DUARTE, D. M. **Erosão e progradação da praia de Pontal de Maceió, Fortim, Ceará**. 2018. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

Farias, E.G.G de; Maia, L.P.(2007) - **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise de mudanças morfológicas na desembocadura e estuário inferior do rio Jaguaribe – CE**. *Anais do XII Congresso Latino Americano de Ciências do Mar - COLACMAR*, Florianópolis, SC, Brasil.

FARIAS, E. G. G.; MAIA, L. P. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4797-4804. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. IBI: <3ERPFQRTBW/3485PTL> (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTBW/3485PTL>>.

FARIAS, E.G.G. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de ciências do mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

FILHO, L. S.L. **A competência do município na zona costeira urbana**. 2014. 225 f. Tese (Doutorado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

FOLK RL, WARD WC. (1957). *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27: 3–26

FOLK, R.L. **Petrology of sedimentary rocks**. Hemphills Publishing. Austin. USA. 1974. 185p

FRIEDMAN, G. M. (1961). Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. **Journal of Sedimentary Petrology**, 31, n. 4: 514-529.

FRIEDMAN, G. M. (1967). Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. **Journal of Sedimentary Petrology**, 37: 327-354

GUERRA, R. G. P. **Erosão de praia associada a evolução de esporão arenoso em Paraujuru, Beberibe, Ceará.** 2018. 211 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

HIMMELSTOSS, E.A., HENDERSON, R.E., KRATZMANN, M.G., and FARRIS, A.S., 2018, **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide**: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018–1179, 110 p., <https://doi.org/10.3133/ofr20181179>.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica.** Santa Catarina: Editora da Universidade do Vale do Itajaí, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal 2017 Amontada.** Fortaleza: Seplag, 2017. Disponível em: <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Amontada\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Amontada_2017.pdf)>. Acesso em: 21 jul. 2020.

JESUS, Luciana Vieira de; ANDRADE, Ana Cláudia da Silva. Parâmetros Granulométricos dos Sedimentos da Praia dos Artistas - Aracaju - SE. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 9, n. 5, Maio, 2013. Disponível em: <<https://www.scientiaplenu.org.br>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

KUMAR, A.; NARAYANA, A. C.; JAYAPPA, K. S. Shoreline changes and morphology of spits along southern Karnataka, west coast of India: A remote sensing and statistics-based approach. **Geomorphology**. Volume 120, Issues3–4, 2010, Pages 133-152. ISSN 0169-555X, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.02.023>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X10001236>)

LIMA, O. O. **Localização geodésica da linha de preamar média de 1831-LPM/1831, com vistas à demarcação dos terrenos de marinha e seus acrescidos.** 2002.

LIMA, R. S. **Vulnerabilidade da linha de costa a eventos de alta energia na praia da Caponga – Cascavel, Ceará.** Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2012.

LINS-DE-BARROS, Flávia Moraes. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 6, n. 2, p.83-90, 2005.

Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R. et al. **The State of the World's Beaches.** Sci Rep 8, 6641 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>

MAGALHÃES, D.C. **Evolução costeira controlada por promontório no litoral de Paracuru - Ceará.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza. P. 96. 2015.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE- Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral.** PhD Thesis, Universidad de Barcelona, Barcelona, Espanha. 1998.

MALLMAN, D. L. B. **Vulnerabilidade do litoral Sul de Pernambuco a erosão.** Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2008.

MARINO, Márcia Thelma Rios Donato; LEHUGEUR, Loreci Gislaine de Oliveira. **Zoneamento geoambiental do município de Amontada costa oeste do estado do Ceará.** Revista de Geologia, Fortaleza, v. 20, n. 1, p.39-55, jun. 2007. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/index.php/geologia>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

MARINO, Márcia. T. R. D. FREIRE, George. S. S. Análise da evolução da linha de costa entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, região metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada.** p. 113 – 129, 2013.

MARTINS, L. R. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. **Journal of Sedimentary Petrology**, 1965, 35 (1): 768-770.

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

Martins, Thiago Schuina, 2010. **Análise da granulometria dos sedimentos carbonáticos do Recife de Fora, Porto Seguro, BA.** Monografia de graduação - Departamento de Geologia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

MAZZER, A.M.; DILLENBUR, S.R.; SOUZA, C.R.G. **Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina** (Florianópolis, SC, Brasil). Pesquisas em Geociências, v. 36, p. 117-135. 2009.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2006) - **Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada.** Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 74p., Brasília, D.F., Brasil. ISBN: 8577380297  
[http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/arquivos/11\\_04122008111238.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/arquivos/11_04122008111238.pdf)

MORAIS, J. O. de. (1996) *Processos e Impactos Ambientais em Zonas Costeiras.* **Revista de Geologia da UFC**, Fortaleza-CE, v.9, p 191-242.

MORAIS, J.O.; PINHEIRO, L.S; PESSOA, P.R.S. Coastal Erosion Processes at Ceara State- Brazil. In: **Coastal Zone Canadá**. Coastal Zone Association. Ontário, v.1, n.1, 2002.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; CAVALCANTE, A. A.; PAULA, D. P.; SILVA, R. L. Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O Caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 8, n. 2, 61-76. 2008.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; PESSOA, P. R. S. et al. Ceará. In: MUEHE, D. (org.) (2018). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, 2018. 759 p.

MORAIS, J.O. Evolução sedimentológica da enseada de Mucuripe (Fortaleza-Ceará-Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 21, n.1, p. 16-46, 1981.

MORAIS, J.O., FREIRE, G.S.S., PINHEIRO, L.S., SOUZA, M.J.N. de, CARVALHO, A.M., PESSOA, P.R.S. & OLIVEIRA, S.H.M..Ceará. In: Muehe, D. (org.), **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**, 1:132-154, MMA (Ministério do Meio Ambiente), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.

MORAIS, J.O., PINHEIRO, L. S. The effect of semi-aridity and damming on sedimentary dynamics in estuaries- Northeastern region of Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 1540-1544, 2011.

MOURA, M. R. **Dinâmica costeira e vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.p. 210. 2012.

MOURA, M. R. **Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará entre 1970-2008**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2009.

MUEHE, D. (org.) (2018). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, 2018. 759 p.  
Disponível em:  
[http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80342/Panorama\\_erosao\\_costeira\\_brasil.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80342/Panorama_erosao_costeira_brasil.pdf). Acesso em: 02 jan. 2021.

MUEHE, D. **Geomorfologia: uma introdução de bases e conceitos**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

MUEHE, D.; KLUMB-OLIVEIRA, L. Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. **Quaternary and Environmental Geosciences**. 5(2):121-124. 2014. (doi [http:// dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.35884](http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.35884)).

MUEHE, Dieter. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 2, n. 1, p.35-44, set. 2001.

MUEHE, Dieter. Aspectos Gerais a Erosão Costeira no Brasil. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**. Ano 04, n. 07, p. 97-110, 2005.

MUEHE, Dieter. (org.), **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**, 1:132-154, MMA (Ministério do Meio Ambiente), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.

MUEHE, Dieter. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, Antonio JoséTeixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 6. p. 253-308.

NASCIMENTO, J. V. S. **Erosão e progradação da linha de costa de Icará de Amontada – Ceará**. 2018. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

OERTEL, G.F. Coasts, coastlines, shores, and shorelines. In: SCHWARTZ, M.L. **Encyclopedia of Coastal Science**. Dordrecht: Springer, 2005.p. 323-327.

PAULA, D. P. de; MORAIS, J. O.; FERREIRA, Ó.; DIAS, J. A. (2015) - Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos. In: Davis Pereira de Paula & J. Alveirinho Dias (orgs.), **Ressacas do Mar / Temporais e Gestão Costeira**, pp. 173-201, Editora Premium, Fortaleza, CE, Brasil.

PAULA, D.P.; FARRAPEIRA NETO, C. (2017) Resposta de uma praia arenosa a um evento de ressaca do mar: o caso da Praia do Icará (Caucaia, Ceará, Brasil). **Ateliê Geográfico** , Goiânia, v. 11, n. 2, p. 184-204, ago. 2017.

PAULA, D.P.; BARROS, E. L.; GUERRA, R. G. P.; DIAS, J. A. **A gestão costeira no Ceará (Nordeste, Brasil): políticas, estratégias e experiências**. In: Saindo da zona de conforto: a interdisciplinaridade das zonas costeiras / Ana Cristina Roque [et al.] – Rio de Janeiro: FGEL-UERJ, 2019. 543 p. : il. – (Rede BRASPO; tomo VIII)

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MEDEIROS, C. Mudanças da linha de praia e feições morfológicas em cascavel, Estado, do Ceará. **Arquivo de ciências do mar**, Fortaleza, v.34, n. 1, p. 117-130, 2001.

PINHEIRO, L.S.; MORAIS, J.O.; DIAS, C.B.; ARAÚJO, A.S.; **Parque Monumental das Falésias de Beberibe**. Relatório Técnico. 2009.

PINHEIRO, L. S., MORAIS, J. O., MAIA, L.P. The beaches of Ceará. In: SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. (org.), **Brazilian Beach Systems**, p. 175-199, Coastal Research Library, Springer. 2016.

Nichols, G. **Sedimentology and Stratigraphy**. 2<sup>a</sup> ed. –UK: John Wiley & Sons Ltd., 2009. 419p.

ROSA, C. N.; BREMER, U. F.; KRAMER, G.; FILHO, W. P.; HILLEBRAND, F. L.; SOUZA, S. F. Linha de preamar: uma revisão sobre seus conceitos e implicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia (online)**, São Paulo, v. 19, n. 4, (Out-Dez) p. 849-858, 2018. (DOI: 10.20502/rbg.v19i4.1334).

SHORT, A.D. (ed.). **Beach and Shoreface Morphodynamics**. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 379p. 1999.

SILVA, Cleverson Guizan et al. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa. In: BAPTISTA NETO, José Antônio; PONZI, Vera Regina Abelin; SICHEL, Susanna Eleonora (Org.). **Introdução à Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 8. p. 175-218.

SILVA, A. C.; FAÇANHA, P.; BEZERRA, C.; ARAÚJO, A. S.; PITOMBEIRA, E. Características das ondas “Sea” e “Swell” observadas no litoral do Ceará-Brasil: variabilidade anual e inter-anual. **Trop Ocean** 39: 17-26.

SILVA, A.F., TOLDO JR, E.E., WESCHENFELDER, J. Morfodinâmica da desembocadura da Lagoa de Tramandaí (RS, Brasil). **Pesquisas em Geociências**. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. v. 44. p. 155-166. 2016.

SOUZA, C. R. de G.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ESTEVES, S.L. VITAL, H. DILLENBURG, S.R.; PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J. (2005) Praias Arenosas e Erosão Costeira. IN: C. R. de G. Souza, el. (eds). **Quaternário do Brasil**. Holos, Editora, Ribeirão Preto (SP). P. 130 – 152.

SOUZA, C.R. de G (2009). A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Gestão Costeira Integrada/ Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v.9, n.1, p.17-37.

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

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

WHITE, S. **Utilization of LIDAR and NOAA's vertical datum transformation tool (VDatum) for shoreline delineation**, Proceedings of the OCEANS 2007, Vancouver, BC, 1- 6. 2007.

WRIGHT, L.d; SHORT, A.d. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, [s.l.], v. 56, n. 1-4, p.93-118, abr. 1984. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90008-2](http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227(84)90008-2).