



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
MESTRADO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

LARISSA PLUTARCO FREITAS

**VULNERABILIDADE COSTEIRA DA PRAIA DA CAPONGA, LITORAL LESTE DO
CEARÁ.**

FORTALEZA
2018

LARISSA PLUTARCO FREITAS

**VULNERABILIDADE COSTEIRA DA PRAIA DA CAPONGA, LITORAL LESTE DO
CEARÁ.**

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. Linha de Pesquisa: Análise de impactos ambientais da região oceânica e costeira.

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Fortaleza

2018

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

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

F936v Freitas, Larissa Plutarco.
VULNERABILIDADE COSTEIRA DA PRAIA DA CAPONGA, LITORAL LESTE DO
CEARÁ. / Larissa Plutarco Freitas. – 2018.
80 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro.

1. Praia arenosa. 2. Processos erosivos e progradativos. 3. Vulnerabilidade costeira. I.
Título.

CDD 551.46

LARISSA PLUTARCO FREITAS

**VULNERABILIDADE COSTEIRA DA PRAIA DA CAPONGA, LITORAL LESTE DO
CEARÁ.**

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. Linha de Pesquisa: Análise de impactos ambientais da região oceânica e costeira.

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro
LABOMAR/ UFC

Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes
PPGCMT-UFC/ LGCO/UECE

Dr. Francisco Gleidson da Costa Gastão
LABOMAR/ UFC

AGRADECIMENTOS

À Deus, que sempre me guia e fortalece.

Aos meus amados pais e irmã, meu alicerce, por todo o apoio e suporte necessários para eu sempre ir em busca das minhas realizações.

Ao meu amor Wilson, meu parceiro na vida que está sempre ao meu lado me tornando mais feliz; e ao nosso bebê, que mesmo ainda dentro de mim me transforma em uma pessoa melhor, me dá ânimo para concluir meus objetivos e já me faz enxergar o mundo com um novo olhar.

Aos meus familiares que sempre estão na torcida e que de alguma forma cuidam de mim.

Aos meus amigos, por vivenciarem tantos momentos da minha vida, multiplicando alegrias e compartilhando momentos difíceis.

À minha sempre querida amiga Clara, pela amizade e companheirismo durante esses 8 anos de convívio.

Aos meus anjos que hoje estão no céu, pela proteção e intercessão em todos os meus passos e decisões.

À minha orientadora, Professora Lidriana de Souza Pinheiro, por todas as oportunidades que me foram dadas no meio acadêmico e por sua paciência e encorajamento na realização do nosso projeto.

Aos meus amigos e funcionários do Instituto de Ciências do Mar, Jailton e Gleidson, por todo o acompanhamento durante cada experimento de campo, cada conselho e aprendizado repassado de forma genuína e completa. Um agradecimento também especial ao Alcion, motorista comprometido e o responsável por nossos deslocamentos à área de estudo. MUITÍSSIMO obrigada a todos!

À minha colega Mariana Aquino por toda disponibilidade de informações de dados e ajuda no início da pesquisa.

Aos meus colegas, Jordana Sampaio, Marina Mendonça e Thomas Ravelly por dedicarem um pouco do seu tempo em serem voluntários na realização dos trabalhos de campo, tornando os experimentos bem eficientes.

Ao Renan Guerra e Dudu (Eduardo Lacerda), por todo auxílio em fornecimento de material e informações para uma melhor elaboração dessa dissertação.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Ciências do Mar pelo suporte necessário para realização desta pesquisa, nos intensos trabalhos de campos e processamento de dados.

Ao Regimário Filho, pela disponibilidade e ajuda na confecção de alguns dos mapas utilizados nesta dissertação.

À todos os professores e funcionários do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR.

À FUNCAP, pela concessão de bolsa de estudo no período da pós-graduação.

À todos que me ajudaram de forma direta e indireta na realização deste trabalho.

RESUMO

Essa dissertação tem como objetivo de estudo caracterizar os processos de erosão e progradação na praia da Caponga no período de um ano, analisar a vulnerabilidade dessa área e os impactos ao uso, ocupação e gestão da orla da Caponga. Distante aproximadamente a 64 km de Fortaleza, capital do Ceará, a praia da Caponga passou por um desgaste e processo erosivo bastante intenso principalmente nos últimos dez anos. Fato este que ressalta a importância no monitoramento a curto prazo dessa orla. A região de estudo dessa dissertação abrangeu uma área de aproximadamente 2,5 km de extensão. Os métodos para analisar os processos que regem a morfologia da praia ao longo de um ano (de 2016 a 2017) consistiram em levantamento topográfico, com uma grade amostral de 8 perfis transversais a linha de costa; coleta e análise de dados granulométricos de cada perfil de monitoramento e caminhamento para identificação da linha de costa em cada experimento de campo. Além desses métodos, foram integrados dados oceanográficos e climatológicos para determinar os processos de inundação dominantes na área, no caso colisão, sendo de fundamental importância para compreensão dos processos erosivos e progradantes na área. Essa pesquisa apresenta dados que mostram um novo padrão no processo evolutivo da praia da Caponga, identificando áreas de progradação superiores às áreas erodidas, mesmo com um equilíbrio de fases em períodos de chuva e de estiagem ao longo de um ano. Uma percepção do tipo de uso e de ocupação da Orla da Praia da Caponga, com base nos conceitos propostos pelo Projeto Orla foi capaz de identificar as áreas mais vulneráveis ao longo da faixa de praia para cenários tendenciosos a processos erosivos e progradativos, tornando-se uma importante ferramenta auxiliar na gestão costeira visto que afeta diretamente a economia, turismo e migração de população local.

Palavras-chave: 1. Praia arenosa 2. Processos erosivos e progradativos 3. Vulnerabilidade costeira

ABSTRACT

The objective of this dissertation is to characterize the erosion and degradation processes in Caponga beach during a one year period, to analyze the vulnerability of this area and the impacts to the use, occupation and management of the Caponga shoreline. Distant approximately 64 km from Fortaleza, capital of Ceará, the beach of Caponga has undergone a wear and erosion process quite intense mainly in the last ten years. This fact underscores the importance in the short-term monitoring of this shoreline. The study area of this dissertation covered an area of approximately 2.5 km in length. The methods for analyzing the processes that govern the morphology of the beach over a year (from 2016 to 2017) consisted of a topographic survey, with a sampling grid of 8 transversal profiles along the coastline; collection and analysis of granulometric data of each monitoring and walking profile for the identification of the coastline in each field experiment. In addition to these methods, oceanographic and climatological data were integrated to determine the dominant flood processes in the area, in this case of collision, being of fundamental importance for understanding the erosive and prograding processes in the area. This research presents data that show a new pattern in the evolutionary process of Caponga beach, that identified areas of progression higher than eroded areas, even with a balance of phases in periods of rain and drought over a year. A perception of the type of use and occupation of the Caponga Beach coast, based on the concepts proposed by the Orla Project, was able to identify the most vulnerable areas along the beach strip for scenarios tendentious to erosive and progradative processes, becoming an important auxiliary tool in coastal management since it directly affects the economy, tourism and migration of the local population.

Keywords: 1. Sandy beach 2. Erosive and progradative processes 3. Coastal vulnerability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Compartimentação geomorfológica da praia	18
Figura 2 - Regimes de inundação	24
Figura 3 - Registros da obtenção de dados topográficos com o RTK (a, b e c) e com a estação total.	33
Figura 4 - Variação topográfica do ponto de monitoramento 1 ao longo de um ano..	44
Figura 5 - Variação topográfica do ponto de monitoramento 2 ao longo de um ano	45
Figura 6 - Riacho Caponga Roseira e suas margens em novembro de 2016 e abril de 2017.....	45
Figura 7 - Variação topográfica do ponto 3 ao longo de um ano.	46
Figura 8 - Área bem próxima ao ponto de monitoramento 3 no mês de junho	46
Figura 9 - Variação topográfica do ponto 4 ao longo de um ano.	47
Figura 10 - Região muito próxima ao perfil de monitoramento 4 em a) novembro de 2016 e b) junho de 2017	47
Figura 11 - Variação topográfica do ponto 5 ao longo de um ano.	48
Figura 12 - Variação topográfica do ponto 6 ao longo de um ano.....	49
Figura 13 - Variação topográfica do ponto 7 ao longo de um ano.....	49
Figura 14 - Variação topográfica do ponto 8 ao longo de um ano.....	49
Figura 15 - Dados estatísticos de sedimento do período de estiagem (novembro de 2016 e novembro de 2017).....	50
Figura 16 - Dados de sedimento do período de chuva (abril e junho de 2017)	51
Figura 17 - Variação sazonal dos sedimentos nos pontos de monitoramento 1 e 2 ..	53
Figura 18 - Variação sazonal dos sedimentos dos pontos de monitoramento 3 e 4 ..	54
Figura 19 - Variação sazonal dos sedimentos dos pontos de monitoramento 5 e 6.	55
Figura 20 - Variação sazonal dos sedimentos dos pontos de monitoramento 7 e 8. ..	56
Figura 21 - Médias de altura e direção de onda dos meses de experimento de campo.	60
Figura 22- Média de velocidade e direção de vento nos meses de experimento de campo	62
Figura 23 - Destruição de infraestruturas da praia da Caponga.....	69
Figura 24 - Setores atuais da praia da Caponga com base no Projeto Orla.	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ocupação da Orla da Caponga em 2012.	28
Gráfico 2 -Pluviosidade anual de 1997-2017 no município de Cascavel.	29
Gráfico 3 - Pluviosidade do município de Cascavel em 2016.....	29
Gráfico 4 - Pluviosidade do município de Cascavel em 2017.....	29
Gráfico 5 -Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de novembro de 2016.	58
Gráfico 6 - Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de abril de 2017.....	58
Gráfico 7 - Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de abril de 2017.....	59
Gráfico 8 - Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de novembro de 2017.....	59
Gráfico 9 - Regime de inundação presente no experimento de novembro de 2016..	64
Gráfico 10 - Regime de inundação presente no experimento de abril de 2017.....	65
Gráfico 11- Regime de inundação presente no experimento de junho de 2017.....	65
Gráfico 12 - Regime de inundação presente no experimento de novembro de 2017.	65
Gráfico 13 - Frequência de publicações que abordam os impactos de erosão na praia da Caponga.	68

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da área de estudo.....	27
Mapa 2 - Localização dos pontos de monitoramento dos perfis topográficos.....	32
Mapa 3 - Transectos referentes à preamar máxima da área correspondente aos pontos de monitoramento 1 e 2 em cada dia de experimento	39
Mapa 4 - Transectos referentes à preamar máxima da área correspondente aos pontos de monitoramento 3, 4 e 5 em cada dia de experimento.....	40
Mapa 5 - Transectos referentes à preamar máxima da área correspondente aos pontos de monitoramento 6, 7 e 8 em cada dia de experimento.....	41
Mapa 6 - Áreas que sofreram erosão e progradação durante o período de novembro de 2016 a novembro de 2017.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação das vulnerabilidades quanto as características topográficas e oceanográficas da zona costeira.	22
Tabela 2 - Escala de impactos de tempestade.	25
Tabela 3 - Condições de maré para cada dia de experimento de campo.	34
Tabela 4 - Parâmetros oceanográficos e atmosféricos durante os dias de experimento.	57
Tabela 5 - Parâmetros para cálculo de wave runup.	63
Tabela 6 - Relações entre R _{righ} e D _{high} e R _{low} e D _{high} de cada ponto de monitoramento em cada dia de campo.	64
Tabela 7 - Referência dos estudos que abordam a geomorfologia da praia da Caponga.	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	16
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1. Zona Costeira	17
3.1.1. Sistema praial	17
3.1.2 Dunas frontais	19
3.1.3. Linha de costa	19
3.1.4. Vulnerabilidade da zona costeira a processos erosivos e de inundação	21
4. ÁREA DE ESTUDO	27
4.1 Localização e caracterização da área de estudo	27
4.2. Aspectos climatológicos e oceanográficos	28
5. MATERIAIS E MÉTODOS	31
5.1. Etapa Inicial	31
5.1.1. Levantamento bibliográfico dos impactos da erosão costeira na praia da Caponga	31
5.2. Etapa de campo	31
5.2.1 Perfil de praia	31
5.2.2 Coleta de dados de sedimento	33
5.2.3 Definição da linha de preamar	34
5.3 Etapa de laboratório	34
5.3.1. Perfis topográficos	34
5.3.2. Dados de sedimento	35
5.3.3. Linha de costa	36
5.3.4. Diagnóstico paisagístico	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
6.1. Caracterizar evolução da linha de costa para identificar as áreas de progradação e erosão costeira e seus impactos socioambientais	39
6.2. Identificar as áreas vulneráveis aos eventos de inundação com urbanização consolidada e com presença de dunas frontais.....	56
6.3. Definir o perfil de uso e ocupação da orla da Caponga, os riscos impostos pela erosão da linha de costa e a vulnerabilidade as inundações.....	66
7. CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	75

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira é uma região dinâmica e vulnerável às rápidas respostas dos eventos naturais de alta energia e às interferências antropogênicas. O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), instituído pela Lei Federal de nº 7.661, de 16 de maio de 1988, define a zona costeira no seu art.2º parágrafo único como “espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre”.

No contexto das mudanças globais e do mal uso do solo, a zona costeira torna-se cada vez mais uma região de risco, principalmente associados ao avanço da linha de costa, inundações, alagamentos e deslizamentos. De acordo com MAIA E PINHEIRO (2016), o grau de vulnerabilidade da zona costeira apresenta uma correlação importante com as características geológicas, geomorfológicas e sedimentológicas, tornando-a mais ou menos resistente a determinado evento de ordem natural ou antrópica.

Um fato preocupante relacionado às mudanças no padrão e extensão da erosão costeira e das inundações é que uma porção significativa da população mundial reside em área de zona costeira (SMALL & NICHOLLS, 2003). A crescente ocupação na região litorânea contribui para o agravamento de impactos em potencial causados por inundações costeiras e o consequente processo de erosão.

Devido a vulnerabilidade à tantos fatores, Mazzer (2009) sugere a necessidade de um frequente monitoramento da linha de costa, pois, segundo ele, delimitar sua área e avaliar seu comportamento são de extrema importância para diversas atividades, principalmente as de engenharia e de planejamento.

O principal fator que interfere na movimentação da linha de costa é a elevação do mar proveniente de fatores meteorológicos e oceanográficos (RUGGIERO et al, 1997). A região da Caponga, situada no litoral Leste do estado do Ceará, costumava ser uma área de elevado interesse turístico devido à sua beleza ambiental; fato este que começou a apresentar decaimento com o aumento significativo do grau de urbanização nos últimos anos. A rápida e crescente ocupação da orla da Caponga aconteceu em áreas que antes eram ocupadas por dunas móveis, praia e manguezais.

O uso e a ocupação indevidos de áreas costeiras são fatores determinantes para a modificação do ambiente, principalmente quando há a construção de algum tipo de referencial fixo que se interpõe à trajetória de recuo da linha de costa. (DOMINGUES, 2000). De acordo com estudos de Pinheiro et al. (2016), as construções no litoral da Caponga potencialmente acarretaram na redução do transporte sedimentar, impossibilitando o acesso dos sedimentos à faixa de praia.

Na praia da Caponga foi observada a retirada de sedimento, pela extração ilegal de areia das dunas da praia, com objetivo de para servir como matéria prima para indústrias de construção. Com o passar dos anos, em uma tentativa de reduzir a erosão costeira local foram construídos espigões, muros de enrocamento e gabiões paralelos à linha de costa e nas margens do canal estuarino, bloqueando as trocas laterais entre esses sistemas ambientais, principalmente as vinculadas com aporte de areia para o sistema praiar, em uma extensão de 3,5 km (Pinheiro, 2000, Morais et al., 2011, Aquino,2013). Porém a ausência de manutenção acarretou em uma não eficiência dessas estruturas a longo prazo

Os prejuízos desencadeados pelo mal ordenamento territorial na região não acometeu somente os imóveis, mas também na infra- estrutura pública da praia como pavimentação e sistema de esgoto; e no sistema dinâmico local, bloqueando o fluxo natural de sedimento eólico, impermeabilizando os campos de dunas e acelerando o processo de erosão da faixa de praia (PINHEIRO, 2016).

Dessa forma, inúmeros são os motivos que impulsionam os estudos e análises dos riscos e vulnerabilidades dessa região. Moura (2012) destaca a importância de estudos de monitoramento que relacionem o processo de expansão urbana à fragilidade natural da zona litorânea, principalmente devido ao atual cenário global de mudanças climáticas, em que alguns dos efeitos observados são a elevação do nível médio do mar e o aumento na frequência e intensidade de eventos extremos, tornando as regiões costeiras mais vulneráveis ainda.

A falta de planejamento e infraestrutura nessas áreas implica em um crescente aumento da degradação desses ambientes, trazendo perdas econômicas e ambientais (PEREIRA *et al.*, 2003). Assim, tem sido cada vez mais importante desenvolver estudos específicos com a finalidade de avaliar o potencial de erosão e seus impactos em áreas com significativo nível de urbanização.

2. OBJETIVO

Caracterizar as condições naturais da praia da Caponga no que diz respeito à morfologia e hidrodinâmica, além das vertentes antrópicas, para definir as possíveis áreas mais vulneráveis e de maiores riscos.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a evolução da linha de costa para identificar as áreas de progradação e erosão costeira e seus impactos socioambientais;
- Identificar as áreas vulneráveis aos eventos de inundação com urbanização consolidada e com presença de dunas frontais contribuindo dessa forma com informações úteis a gestão do litoral;
- Definir o perfil de uso e ocupação da orla da Caponga e os riscos impostos pela erosão da linha de costa e a vulnerabilidade as inundações.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Zona Costeira

A zona costeira pode ser definida como uma zona de transição entre o continente e o oceano, apresentando uma importância significativa no que se refere aos aspectos ambientais, econômicos e socioculturais (SUGUIO,2003). A zona costeira não se mantém em condições de equilíbrio estático; mas sim de equilíbrio dinâmico, sofrendo constantes alterações em escalas temporais e espaciais, que podem ser reversíveis ou não.

A morfologia das zonas costeiras depende da interação entre diversas variáveis, desde os processos oceanográficos até os atmosféricos (ondas, correntes, marés, ventos, posição da linha de costa) somados às atividades antropogênicas. Isso faz com que o grau de dificuldade para estudos nessa zona seja bastante elevado, dificultando os métodos de levantamento para monitoramento destas regiões (PEREIRA et al., 2003).

3.1.1. Sistema praial

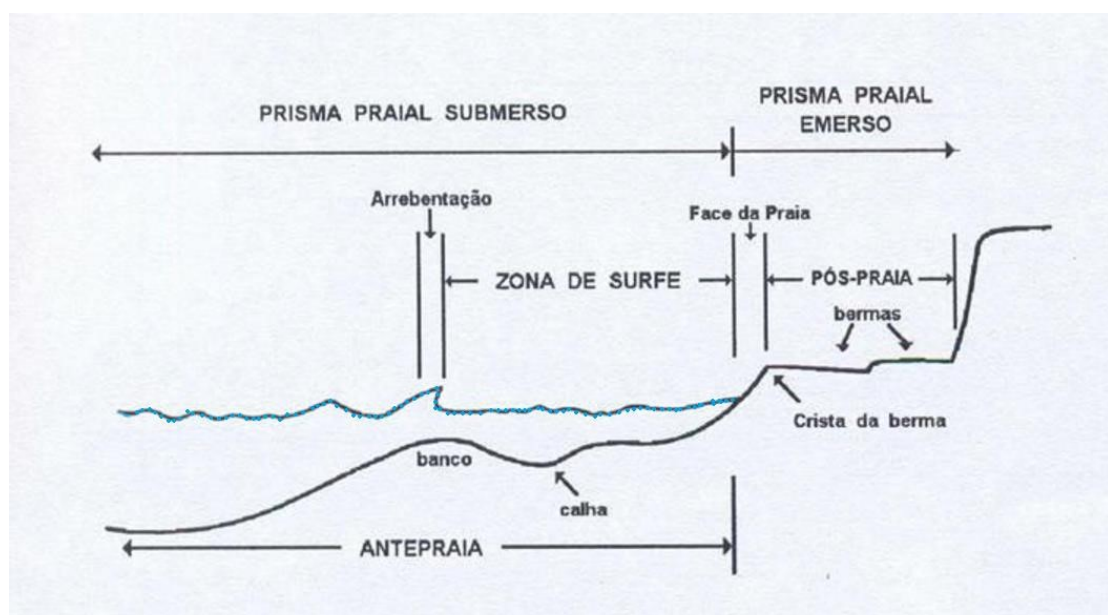
As praias são delimitadas pelo limite superior do espraiamento até profundidade de base da onda, sendo assim, o limite em que as ondas ainda atuam ativamente sobre o fundo marinho arrastando sedimentos (SHORT, 1984). Short (1984) sugere que as praias estão entre os sistemas físicos mais dinâmicos da superfície da Terra, e ocorrem em qualquer costa onde haja sedimento suficiente para as ondas os depositarem acima do nível do mar.

As praias se ajustam às alternâncias de tempo bom e tempestades sazonais, seguindo um comportamento natural e cíclico (WRIGHT E THOM, 1977). De acordo com Davis (1985), a praia apresenta em seu limite da porção superior a mais alta atuação da onda e na porção inferior a marca de maré baixa ou onde há barras e calhas na antepraia.

Morais (1996), classifica as zonas submersas e emersas da praia como:

- Zona de pós-praia: limitada a partir da linha de maré alta até o contato com o campo de dunas, sendo esporadicamente inundadas pelas marés de maiores amplitudes;
- Zona de berma: localizada na zona de pós praia, é o resultado da deposição de sedimentos efetuada pelas ondas no limite da zona de espraiamento, constituindo elevações planas com, algumas vezes, a presença de um mergulho abrupto.
- Zona de estirâncio: corresponde à parte da faixa de praia que sofre influência direta das marés, ficando exposta em maré baixa e submersa em maré alta.
Zona de antepraia - é aquela permanentemente coberta pelas águas, ficando exposta excepcionalmente em marés de amplitude muito elevada.

Figura 1 - Compartimentação geomorfológica da praia



Fonte: Adaptado de Muehe, 1994.

O sistema praiial apresenta entradas (inputs) e saídas (outputs) de energia e matéria bem definidas, que também são controladas pelas forçantes ambientais na zona costeira, como o vento, ação das ondas e marés e correntes litorâneas (WRIGHT e THOM, 1977; MASSELINK e HUGHES, 2003). Os dados climáticos são poderosos instrumentos de análises de estudos em ambiente praiial, uma vez que respondem diretamente pelos fenômenos de deslocamento do nível médio do mar, na circulação de águas costeiras e pelas ondas geradas pelas condições meteorológicas

predominantes (MARTINS, 2000).

A incidência com que a onda arrebenta na praia é de extrema importância para caracterização morfodinâmica dessa área. As ondas, ao atingirem águas rasas, sofrem todos os fenômenos físicos que governam a propagação de ondas em diversos meios, ou seja: reflexão, refração e difração (SILVA *et al.*, 2004).

Silva *et al.* explica que o fenômeno de reflexão ocorre quando a onda chega em praias com gradientes elevados, ou encontra um obstáculo, a onda então é refletida e entra em interferência com as ondas que se aproximam, gerando um padrão de ondas estacionárias. A refração ocorre quando a onda aproxima-se com um ângulo inclinado em relação à linha de costa, e a propagação com diferente direção. A difração de uma onda ocorre quando esta atinge um obstáculo, como um pontal rochoso, ou um pier, estabelecendo uma onda circular que se propaga a partir da extremidade do obstáculo.

No litoral cearense, diversos estudos bastante relevantes realizados por Moraes (1980), Maia (1998), Pinheiro (2000), Pinheiro (2003), Moraes *et al.* (2006), Sousa *et al.* (2006) e Silva *et al.* (2011) descrevem sobre a influência das ondas na faixa de praia.

3.1.2 Dunas frontais

No limite com a praia podem ocorrer as dunas frontais, que nada mais são do que cordões paralelos à linha de costa formadas logo após a pós-praia. Entre os vários padrões de dunas desenvolvidos na costa, as dunas frontais são as mais vulneráveis, pois se encontram na linha marítima sendo persistentemente remodeladas por forças hidrodinâmicas e aerodinâmicas (ZHAN, WENYAN, *et al.*, 2015)

Nas dunas frontais (foredunes) os sedimentos de granulometria fina são transportados pelos ventos e depositados em decorrência de algum tipo de obstáculo, geralmente representados pela vegetação (CALLIARI e FIGUEREDO 2005; HESP, 2002).

3.1.3. Linha de costa

De acordo com Mazzer e Dillenburg (2009), a linha de costa é considerada um elemento geomorfológico com elevada dinâmica espacial decorrente de respostas a

processos costeiros de diferentes intensidades e frequências.

Dolan et al. (1980) definiram o termo “linha de costa” como uma interface física entre o continente e oceano. Boak e Turner (2005) ressaltaram a dificuldade de aplicar este conceito em termos de mapeamento, uma vez que há alterações constantes do nível d’água em função da variação hidrodinâmica local.

A definição da melhor referência para caracterizar a posição da linha de costa em áreas costeiras arenosas, tem incidido na utilização da “linha” que marca o limite atingido durante a preamar viva. Segundo Crowell (1991), este limite pode ser caracterizado por uma mudança nítida de tonalidade nas areias da praia, possibilitando até mesmo uma fácil identificação nas fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto.

Kraus e Rosati (1997), destacam que os principais indicadores utilizados para definir a linha de costa são:

a) Linha Média da Preamar de Sizígia: definida a partir de um datum maregráfico ou pelo “run –up” da onda;

b) Linha de Preamar: baseada em critérios geomorfológicos: linha de berma, crista da praia, base de dunas ou de falésias;

c) Divisa seco/molhado: critério que tem dependência direta de fatores, como a própria praia, nível do mar, ondas, regime de ventos, entre outros. Para definição da linha, tendo como base este critério, toma-se como base a diferença entre as tonalidades derivadas dos sedimentos secos ou molhados;

d) Linha d’água: representada pela linha de contato direto entre os sedimentos da praia e a água. Tem relação direta com as fases das marés e a ação das ondas, apresenta-se como fronteira móvel.

Suas mudanças de posição são de natureza complexa, envolvendo diversos processos ligados à elevação do nível do mar (em curto e longo prazo), balanço de sedimentos, movimentos tectônicos e reológicos, e antrópicos (Camfield & Morang, 1996). Variações eustáticas, isostasia, suprimento sedimentar, interferências antrópicas, mudanças na circulação atmosférica são alguns dos fatores que podem influenciar na evolução da linha de costa (Suguio et al., 2005).

As costas são dinâmicas, e as linhas costeiras evoluem continuamente como resultado de processos naturais, incluindo erosão e deposição de sedimentos, ação de ondas, variabilidade climática, topografia e flutuações do nível do mar. A interferência humana nos sistemas naturais também influencia os processos de

erosão, por exemplo, alterando os orçamentos de sedimentos, interrompendo os desvios em terra longa e modificando ecossistemas e topografias (Cooper e McKenna, 2008).

Para Morais (1996), a erosão costeira tem início quando o material erodido é levado da linha de costa em maior proporção do que é depositado. Já progradação, pode ser definido como o mecanismo de avanço da linha de costa, mar adentro, normalmente relacionado à sedimentação dos processos marinhos litorâneos (SUGUIO, 1998). O cálculo das taxas de recuo da linha de costa constitui uma das melhores metodologias para monitoramento da erosão costeira, principalmente quando esta atinge estágios avançados. Na maior parte dos casos, este índice é mais explícito e frequentemente mais confiável do que somente a avaliação do volume erodido (DIAS et al, 2005).

3.1.4. Vulnerabilidade da zona costeira a processos erosivos e de inundação

A zona costeira representa um ponto de extremo interesse visto que apresenta um grande número de atividades sociais e econômicas concentradas próximas da linha de costa (NGUYEN et al., 2016). Como consequência, a erosão costeira traz sérios prejuízos materiais e econômicos, sendo considerada atualmente um dos maiores problemas nos ambientes praias.

A vulnerabilidade, definida como a predisposição de um dado sistema (geofísico, biológico e socioeconômico) ser adversamente afetado, o que depende dos níveis de suscetibilidade, de exposição e da capacidade de adaptação às mudanças futuras (IPCC, 2014), se torna cada vez maior a medida que aumentou a ocupação da zona costeira.

E o risco ambiental, definido como a caracterização dos potenciais efeitos adversos resultantes da exposição a perigos ambientais (COELHO & VELOSO-GOMES, 2005; ALVES, et al, 1999; ESTEVES, 2011) também se torna elevado, pois, os efeitos erosivos que antes eram ignorados por não causarem prejuízos passaram a implicar em questões econômicas e sociais bastante relevantes (MUEHE, 2006).

Em áreas desenvolvidas (com ocupação), o processo de overwash pode ser um alerta, porque a erosão da face da praia permite que áreas mais altas e estáveis

possam se tornar vulneráveis a danos causados por inundações.

Dessa forma, se as dunas forem reduzidas ou destruídas, a função de proteção da praia é comprometida (Donelly et al., 2006), daí a preocupação com praias mais planas ou com baixa declividade por não haver obstáculos naturais para conter essa energia e evitar a destruição de dunas e estruturas feitas pelo homem (Tinh, 2006).

De acordo com Coelho & Veloso-Gomes (2005), o grau de vulnerabilidade, especificamente na zona costeira, leva em consideração as características naturais da área, a topografia, distância de linha de costa, amplitude de maré, altura de onda e taxas de variação da linha de costa (Tabela 1).

Tabela 1- Classificação das vulnerabilidades quanto as características topográficas e oceanográficas da zona costeira.

CLASSIFICAÇÃO DE VULNERABILIDADES					
Vulnerabilidade	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
	1	2	3	4	5
Cota Topográfica referida ao ZH (m)	> 30	> 20 ≤ 30	> 10 ≤ 20	> 5 ≤ 10	≤ 5
Distância a linha de costa (m)	> 1000	> 200 ≤ 1000	> 50 ≤ 200	> 20 ≤ 50	≤ 20
Amplitude da maré (m)	< 1.0	≥ 1.0 < 2.0	≥ 2.0 < 4.0	> 4.0 < 5.0	> 6.0
Máxima Altura de onda significativa (m)	< 3.0	≥ 3.0 < 5.0	≥ 5.0 < 6.0	≥ 6.0 < 6.9	≥ 6.9
Taxa de erosão/acresção (m/ano)	> 0 acresção	> -1 ≤ 0	> -3 ≤ -1	> -5 ≤ -3	≤ -5 erosão

Fonte: Coelho & Veloso-Gomes (2005)

Eventos de alta energia são a combinação de uma elevação anormal do nível do mar e de marés astronômicas (TABORDA e DIAS, 1992; ANTUNES e TABORDA, 2009). Shepard (1973) associa o empilhamento de água na costa à ação do vento, da pressão atmosférica e das ondas.

Inicialmente definido como continuação do swash das ondas sobre as cristas de praia, o overwash é um evento natural que causa grande escoamento de água e sedimentos para fora das cristas de praia não retornando ao lugar de origem podendo causar grandes prejuízos materiais e até fatais (SHEPARD, 1973; DONELLY et al. 2006; GARCIA et al., 2010).

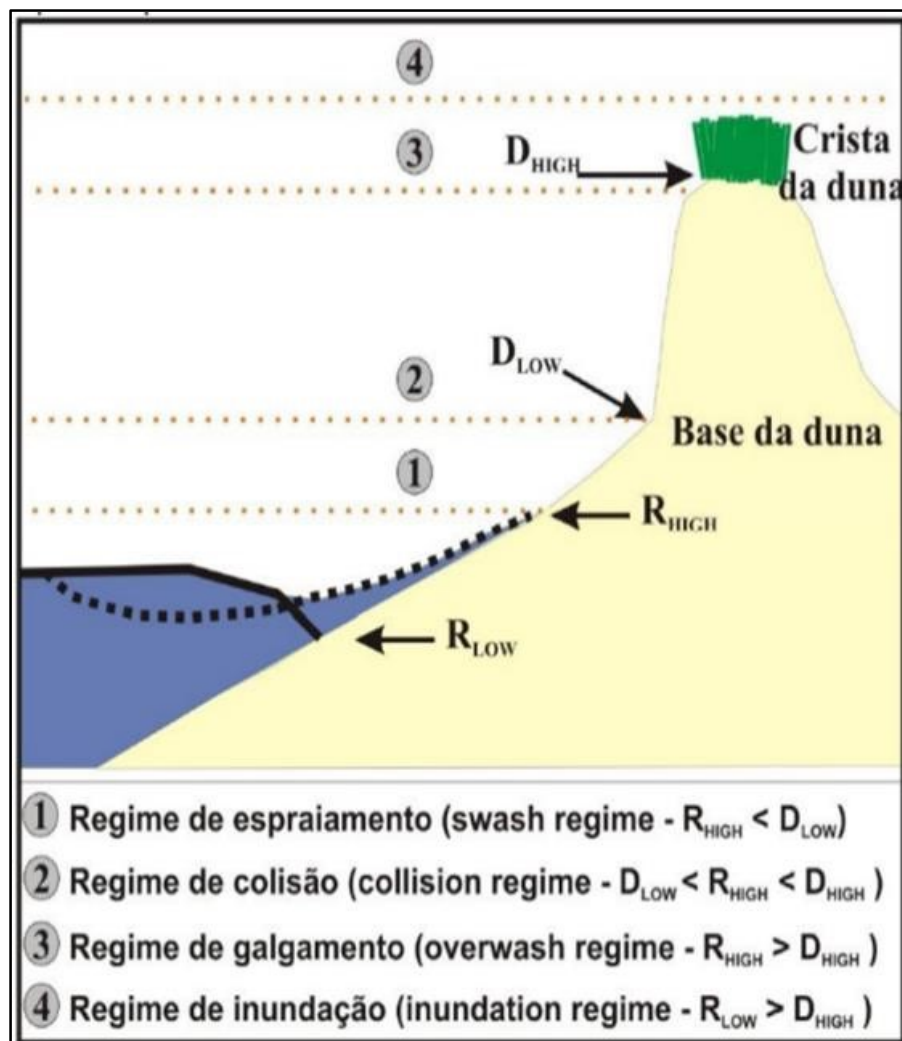
Ao analisar os impactos dos eventos de alta energia em costas urbanas e semiurbanas, Sallenger (2000) criou uma escala de impacto de tempestade baseado em 4 (quatro) parâmetros da morfologia e dinâmica costeira: RLOW, RHIGH, DLOW e DHIGH (respectivamente a base e o topo da duna) (figura 1).

Os parâmetros de RHIGH e RLOW são respectivamente as elevações máximas e mínimas do limite do espraio relativo a um datum vertical fixo. Essa elevação do espraio considera dados de maré astronômica, sobre-elevação de tempestade ou (storm surge) e do alcance máximo das ondas (waverun-up).

Silva (2012) afirma que o waverun-up é determinado pelo empilhamento de água na costa devido à quebra de ondas e pelo espriamento de onda na face da praia, sendo um dos mais importantes componentes a gerar inundação instantânea e contribuindo significativamente para a erosão de praias a partir do momento que ele excede a cota da base da feição morfológica presente no ambiente, como as dunas.

Assim, é de extrema importância a compreensão do comportamento do waverunup para prevenir os impactos gerados pela inundação da costa, bem como a erosão de praias (SHORT, 1999).

Figura 2 - Regimes de inundação



Fonte: Paula (2012) adaptado de Sallenger (2000).

A escala de impacto de tempestade desenvolvida por Sallenger (2000) tem 4 regimes: regime espraiamento, regime de colisão, regime de galgamento e regime de inundação (tabela 1). E o autor acima mencionado ainda agrupou os 4 regimes em níveis máximos de impactos (tabela 2).

Tabela 2 - Escala de impactos de tempestade.

Nível de impacto	Range of R_{HIGH}/D_{HIGH} e R_{LOW}/D_{HIGH}	Regimes e previsões nas mudanças de praia
1	$R_{HIGH}/D_{HIGH} = 1$ para D_{LOW}/D_{HIGH}	Regime de espraiamento (<i>Swash regime</i>)
2	$R_{HIGH}/D_{HIGH} = D_{LOW}/D_{HIGH}$ para 1	Regime de colisão (<i>Collision regime</i>)
3	$R_{HIGH} / D_{HIGH} > 1$ e $R_{LOW}/ D_{HIGH} < 1$	Regime de galgamento (<i>Overwash regime</i>)
4	$R_{HIGH}/D_{HIGH} > 1$ e $R_{LOW}/ D_{HIGH} > 1$	Regime de Inundação (<i>Inundation regime</i>)

Fonte: Sallenger (2000).

A classificação da vulnerabilidade é essencial para comparação com os impactos do risco à erosão. Pesquisadores de diferentes lugares do mundo, em colaboração, determinaram os índices de vulnerabilidade também com relação às ações antrópicas, visto que a ação humana contribui de forma bastante significativa para o aumento da vulnerabilidade costeira.

Uma das principais preocupações levantadas pelos estudiosos é que o enquadramento do risco (como uma medida probabilística de vulnerabilidade) falha em incorporar impactos não quantificáveis da mudança ambiental relacionados a concepções de bem-estar, identidade e cultura (Adger et al. 2009, O'Brien e Wolf 2010, Coulthart 2012, Graham et al., 2013).

Como resultado, os aspectos que podem ser de grande importância para as pessoas afetadas pela mudança ambiental são amplamente desconsiderados, o que pode, por sua vez, torna as respostas políticas ineficientes (Turner et al. 2008, Agyeman et al. 2009, Adger et al. 2011).

Em um contexto costeiro, pesquisas mostraram que a alteração física e a perda de costa frequentemente afetam concepções localizadas de identidade e pertencimento (O'Collins 1990, Burley et al. 2007, Graham et al. 2014). Um estudo recente da Korsra, na Micronésia (Monnereau e Abraham 2013), ilustra que a erosão costeira pode ter uma série de conseqüências adversas em nível local. Além de casas danificadas e práticas agrícolas destruídas, os autores descobriram que os impactos

da erosão estão ameaçando até as práticas locais de sepultamento, já que os cemitérios estão tradicionalmente localizados perto do mar.

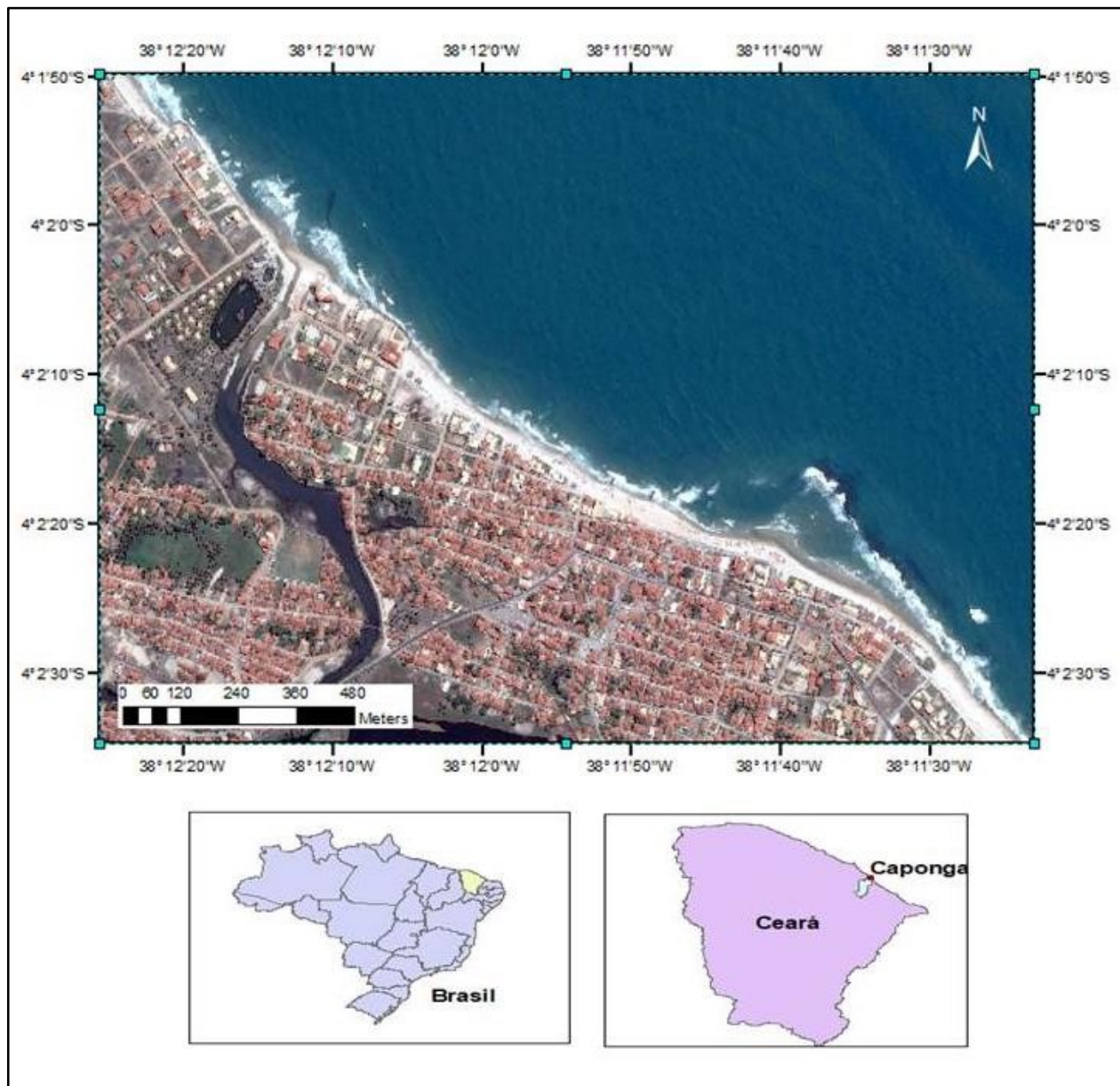
A totalidade dos impactos da erosão levou à queda dos níveis de coesão social e comprometeu o bem-estar social e econômico no local do estudo (Monnereau e Abraham 2013); fato este que também pode ser observado na região da praia da Caponga, visto que em alguns pontos específicos da orla possui casas e pousadas destruídas e infraestruturas públicas em destroços, afetando moradores locais; bem como, o turismo da região.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

Localizada no município de Cascavel, a praia da Caponga (mapa 1) está distante aproximadamente 64km de Fortaleza, capital do Ceará. A área de estudo compreende aproximadamente 2,5km de extensão e abrange o setor urbanizado da praia da Caponga.

Mapa 1 - Localização da área de estudo.



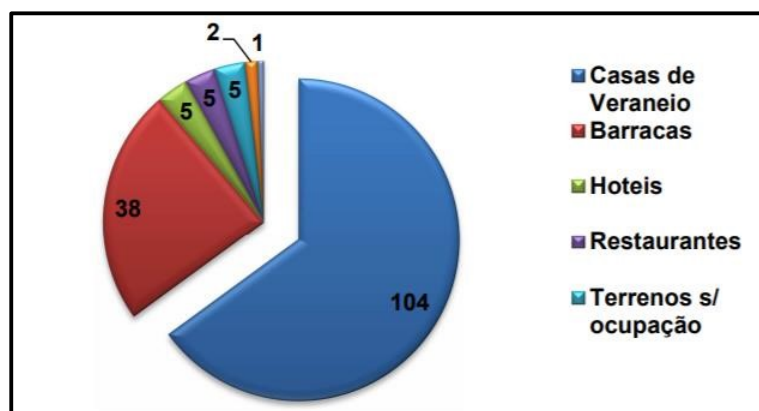
Fonte: Adaptado de Google Earth (2017).

Segundo estudos anteriores, Meireles (2008) ressalta que até a década de 70 a comunidade local da praia da Caponga caracterizava-se por ser tipicamente marítima.

O mesmo autor destaca que o processo de urbanização da zona litorânea se iniciou a partir de 1985 com a instalação de segundas residências, ocupando inicialmente a faixa de praia, seguida da expansão urbana nos setores de promontório e lagoas costeiras.

Em 2012, Aquino (2013) identificou e contabilizou as ocupações presentes na Orla da praia Caponga, desde o limite com a praia do Balbino até Águas Belas. Dentre eles, 38 barracas, 5 hotéis, 5 casas de veraneio, 5 restaurantes e 104 terrenos classificados como “sem ocupação” (gráfico 1).

Gráfico 1 - Ocupação da Orla da Caponga em 2012.



Fonte: Aquino (2013).

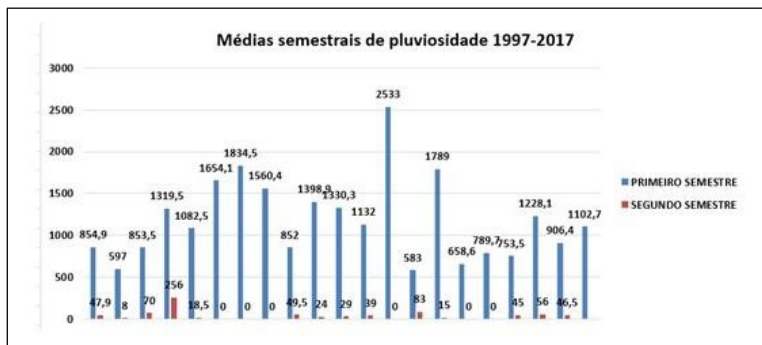
4.2. Aspectos climatológicos e oceanográficos

Com 93% da precipitação concentrada nos meses de março, abril e maio, a taxa anual de acordo com a FUNCEME (2006) era aproximadamente 1.500 mm, com umidade relativa do ar com maiores valores em março e menores valores em setembro.

A precipitação no município de Cascavel no ano de 2017 apresentou as características esperadas para a região: mais alta concentração do volume das chuvas no primeiro semestre, e baixa pluviometria no segundo semestre, possuindo uma média anual de aproximadamente 1.211 mm.

Esse padrão é confirmado conforme a série histórica dos últimos 20 anos representada no gráfico 2.

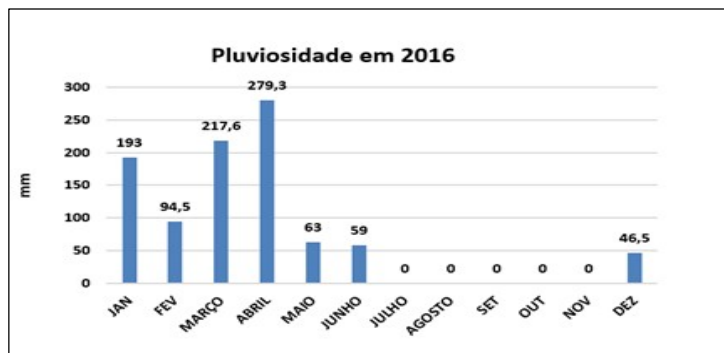
Gráfico 2 -Pluviosidade anual de 1997-2017 no município de Cascavel.



Fonte: Adaptado de FUNCEME.

Conforme os gráficos 3 e 4, as chuvas se concentraram nos primeiros semestres de cada ano. Como esperado, seguindo o padrão de tendência esperado para a região, o primeiro semestre de 2017 apresentou um total de 1102,7mm; sendo este ainda superior ao primeiro semestre de 2016, que obteve um total de 906,1 mm de chuva.

Gráfico 3 - Pluviosidade do município de Cascavel em 2016.



Fonte: Adaptado de FUNCEME.

Gráfico 4 - Pluviosidade do município de Cascavel em 2017.



Fonte: Adaptado de FUNCEME.

Segundo Morais et. al (2006), as ondas que banham o estado do Ceará ocorrem predominantemente de E com direções variando entre os quadrantes E, E-NE e E-SE mantendo uma relação com as direções predominantes dos ventos.

O sentido predominante do vento é o E-SE, que associado ao alinhamento da linha de costa (SW-NW) favorece o desvio de sedimentos para a formação de dunas e praias. Em 2006, observou-se um valor crescente das velocidades do vento de julho a novembro, atingindo máximas em setembro e outubro (7,11 m / s), e diminuindo gradualmente em maio (3,5 m / s) (FUNCEME,2006). As velocidades do vento variaram de 3,2 a 10 m / s ao longo do ano, controladas pela migração da Zona Intertropical da Convergência (ZCIT), apresentando um ciclo bem definido com máximas nos períodos de seca e baixa nas chuvosas, refletindo na recorrência de os processos costeiros, padrão que permanece atingindo a região da praia da Caponga.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi dividido em três etapas seguindo o cronograma inicialmente proposto.

5.1. Etapa Inicial

A etapa inicial do projeto consistiu em levantamentos bibliográficos referentes aos processos costeiros atuantes na dinâmica do litoral de Cascavel, assim como de dados obtidos através dos trabalhos de sensoriamento remoto com imagens de satélite afim de identificar as principais alterações de uso e ocupação do solo e formas e variações da linha de costa.

5.1.1. Levantamento bibliográfico dos impactos da erosão costeira na praia da Caponga

A fim de elaborar um levantamento do histórico de estudos sobre a erosão costeira da praia da Caponga, foi feito um levantamento bibliográfico através da procura por artigos, dissertações, teses, estudos técnicos, livros e informações oficiais do Governo do Estado do Ceará nas plataformas *Science Direct*, *Periódicos Capes* e *Google Acadêmico*, bem como por notícias de jornais do estado usando as palavras-chave: erosão costeira, praia da Caponga, vulnerabilidade de praia.

Assim, como critério de inclusão, foram selecionados trabalhos publicados a partir de 1992, ano que marca o primeiro estudo publicado de geomorfologia na área da Caponga, afim de correlacionar com a análise da evolução da linha de costa nos últimos 20 anos. Para compilar esses estudos foi elaborada uma tabela contendo o nome do autor, ano de publicação e título do estudo.

5.2. Etapa de campo

Foram realizados quatro experimentos de campo, nas seguintes datas: 14 de novembro de 2016, 12 de abril de 2017, 28 de junho de 2017 e 22 de novembro de 2017.

5.2.1 Perfil de praia

O comportamento morfodinâmico da praia foi analisado através de metodologias e variáveis propostas por Short (1999). Para isto, foram estabelecidos 8 pontos de monitoramento na praia para a realização de 8 perfis topográficos transversais à linha

de costa (mapa 2) uma vez por mês nos meses de novembro de 2016 e novembro de 2017 (correspondente ao período seco) e de abril e junho de 2017 (período chuvoso), totalizando 32 perfis topográficos.

Os pontos de monitoramento 1 e 2 estão situadas à esquerda do riacho Caponga Roseira. Os pontos de monitoramento 4, 5, 6 e 7 estão inseridos na área mais urbanizada da faixa de praia; sendo o 5 e 6 na frente do “calçadão” da praia. E o ponto 8, no início do promontório natural da Caponga.

Mapa 2 - Localização dos pontos de monitoramento dos perfis topográficos.

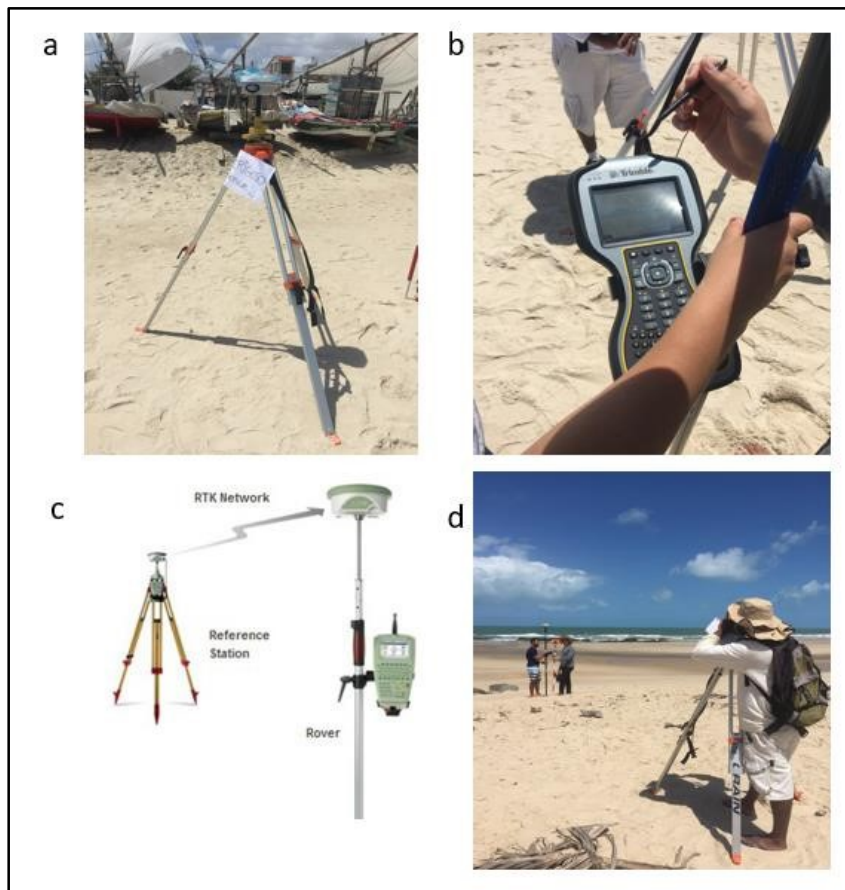


Fonte: Adaptado de Google Earth 2016

Para a obtenção de dados topográficos foram utilizados os aparelhos Estação Total da marca Ruide. Foi utilizado o equipamento geodésico RTK (Real Time Kinematic) para o georeferenciamento dos perfis topográficos. Os equipamentos funcionaram de forma simultânea possibilitando a coleta de dados nos mesmos pontos de cada perfil.

A estação total é constituída por uma base acoplada em um tripé e um prisma acoplado em um nível de cantoneira (figura 2d); e no início do levantamento ela foi “zerada” para o referencial de nível ser o mar. O RTK é um aparelho mais moderno do que a estação total. O RTK é um sistema composto por uma base acoplada em um tripé (que ficam em um ponto fixo) e um rover (figura 4 a, b e c). Esse equipamento melhora a precisão de posição de dados provenientes de satélites e possibilita a obtenção de dados de forma instantânea.

Figura 3 - Registros da obtenção de dados topográficos com o RTK (a, b e c) e com a estação total.



Fonte: Autor.

5.2.2 Coleta de dados de sedimento

Para uma maior compreensão da interferência da dinâmica local no sedimentos da praia foram coletadas um total de 96 amostras durante os quatro experimentos de campo. Em cada um dos oito perfis foram coletadas três amostras, sendo uma da região de antepraia, uma do estirâncio e uma de pós praia, totalizando 24 amostras de sedimento por cada experimento de campo. As amostras foram devidamente ensacadas e identificadas para posterior análise em laboratório

Quando em distribuição modal, a granulometria exerce importante efeito sobre o perfil praiar já que os sedimentos finos tendem a se depositar em perfis de pendente suave, dissipando a energia das ondas incidentes que quebram antes de atingir a face da praia; enquanto que no sedimento mais grosso ocorre o incremento gradual da declividade do perfil e a quebra da onda na base da face da praia (HOEFEL, 1998; SHORT, 1999).

5.2.3 Definição da linha de preamar

O georreferenciamento da área foi feito utilizando um aparelho GPS (Global System Position) de marca Garmin; e através de caminhamento por toda a faixa de praia, na linha de preamar seguindo a máxima linha d'água alcançada, sendo este um método indireto de análise e monitoramento da linha de costa.

Os procedimentos acima descritos foram realizados em maré de sizígia no período de baixa-mar para maior aproveitamento espacial da área de estudo (tabela 3)

Tabela 3 - Condições de maré para cada dia de experimento de campo.

Data do experimento	Amplitude da Maré (m)	Preamar (m)	Baixa-mar (m)
14/11/16	3,2	3,2	0,0
12/04/17	2,4	2,7	0,3
28/06/17	2,7	2,8	0,1
22/11/17	1,8	2,5	0,7

Fonte: Autor

5.3 Etapa de laboratório

Nesta etapa, os dados foram processados, analisados e direcionados para a confecção de perfis e mapas de identificação de áreas vulneráveis. Os equipamentos necessários foram disponibilizados pelo LABOMAR - UFC e os dados foram processados e analisados no Laboratório de Oceanografia Geológica- LABOMAR.

5.3.1 Perfis topográficos

Os dados de perfis topográficos obtidos pela Estação total foram plotados no Excel e organizados em planilhas para correções de maré e elaboração de gráficos afim de identificar as mudanças morfológicas sazonais de cada ponto de monitoramento.

Para determinar o regime de impacto de energia em cada perfil, foi realizada a integração de dados de onda, níveis de maré, sobre-elevação meteorológica (storm surge) obtidos através do Wave Watch III.

Para o valor de RHIGH se faz necessário o cálculo do valor de run-up excedido em 2% (R2) através da parametrização empírica abaixo proposta por Stockdon et al. (2006).

$$R_{2\%} = H_s \left(\frac{H_s}{L} \right)^{0.5} \left(\frac{H_s}{L} \right)^{0.5} \left(\frac{H_s}{L} \right)^{0.5} + \left[\frac{H_s}{L} \left(\frac{H_s}{L} \right)^{0.5} + \left(\frac{H_s}{L} \right)^{0.5} \right] \left(\frac{H_s}{L} \right)^{0.5}$$

As variáveis β é o declive da praia (beachslope); H_s , a altura significativa da onda e L , o comprimento da onda.

O valor do alcance máximo da elevação do run-up (RHIGH), foi obtido com base na equação proposta por Sallenger (2000):

$$R_{HIGH} = R_{2\%} + \eta_{mean}$$

Entende-se por η_{mean} (nível médio do mar) o correspondente a soma da maré astronômica e da sobre-elevação meteorológica (storm surge), que com base no trabalho de Paula (2012), o valor médio para o litoral do Ceará é de 0,32 m.

A declividade da praia é um dado essencial por possibilitar a análise da susceptibilidade de determinada área sofrer algum tipo de impacto combinado com outros fatores naturais e antrópicos. Morais (1996) afirma que a declividade da praia está na dependência da granulometria do sedimento e da energia da onda, ou seja, pode ser modificada pelos fatores morfodinâmicos e hidrodinâmicos.

Dessa forma, a declividade de cada perfil do terreno foi estimada segundo a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. Segundo o IBGE, a declividade de um terreno é dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Os valores de declividade podem variar de 0° a 90° e podem também ser expressos em porcentagem.

5.3.2. Dados de sedimento

No laboratório, as amostras coletadas passaram por técnicas de peneiramento propostas por Suguio (1973).

As amostras foram colocadas em recipientes de vidro e levadas à estufa de secagem a uma temperatura de 60°C, permanecendo por 24 horas. Em seguida, com

as amostras frias, pesou-se 100 gramas de cada amostra para análise granulométrica. As amostras, depois, são lavadas em água corrente com o auxílio de uma peneira de malha 0,062 mm que proporciona a retirada dos sais da amostra. Após a lavagem, as amostras retornam para a estufa para secar, novamente à 60°C permanecendo ali por mais 24 horas.

Em seguida inicia-se o processo de peneiramento mecânico das amostras que foi realizado com o auxílio de uma série de peneiras com malhas variando entre 4,000 e 0,062 mm, agitadas na máquina “Rotap Sieve-Shaker”, onde são separadas as frações referentes à escala granulométrica e posterior a isso ocorre à pesagem das amostras em uma balança analítica, cujos pesos são anotados em fichas de análise granulométrica e passados para o Excel.

O resultado final foi plotado em um programa estatístico chamado de Sistema de Análise Granulométrica (SAG), desenvolvido pelo Departamento de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense - RJ, o qual constrói histogramas e curvas de frequência e auxilia com seus resultados em identificar o tipo de praia analisada.

O tamanho dos grãos de areia anteriormente mencionado tem influência direta na morfologia do perfil de praia, já que as praias, constituídas de sedimentos finos apresentam um gradiente suave, enquanto as que apresentam sedimentos grosseiros são as mais inclinadas (MORAIS, 1996).

5.3.3. Linha de costa

Para uma melhor interpretação da evolução da linha de costa em um curto espaço de tempo, os dados do caminhamento obtidos em cada experimento de campo, as linhas de costa foram vetorizadas em formato shapefile no software ArcMap 9.0 e interpoladas em uma imagem atual (2016) obtida através do Google Earth. A licença do programa foi obtida a partir de uma parceria como o Florida Institute of Technology, durante o estágio pelo Programa Ciências Sem Fronteiras na mesma instituição.

A determinação da variação da linha de costa foi então obtida através da técnica de Change Polygon (Polígono de mudança), modelo proposto por Smith & Cromley

(2012) e Albuquerque et al. (2013), Essa técnica se baseia em análises computacionais de dados multiespectrais. A principal diferença em relação à técnica de DSAS é o fato de não utilizar uma linha arbitrária como base nas análises.

O método do Change Polygon utiliza duas linhas de costa de datas distintas para a construção de topologias que representem a diferenças entre elas. As análises topológicas baseiam-se na operação algébrica de subtração de dois ou mais polígonos de acresção e erosão, a diferença total da área entre duas linhas de costa. Para esse método, inicialmente deve-se escolher os dados multiespectrais de duas ou mais datas distintas, em que a mais antiga representa a linha de base. A primeira e a segunda etapa são referentes à vetorização das linhas de costa dos diferentes períodos. Em seguida, as duas linhas são cruzadas; e, as regiões espacialmente localizadas entre as duas linhas são poligonizadas, a fim de fechar todas as extremidades entre elas.

Os polígonos podem ser representados de modo composto ou decomposto. Por último são definidos os polígonos erosivos e progradativos. Os erosivos representam os setores nos quais a linha mais recente recuou em relação à linha base, já os progradacionais englobam os setores nos quais a linha mais recente avançou por sobre a mais antiga.

5.3.4 Diagnóstico paisagístico

O diagnóstico paisagístico é uma importante ferramenta para uma análise dos impactos visto que permite que sua análise seja realizada por meio de uma identificação visual dos processos que ocorrem na área. Essa é uma das propostas do Projeto Orla. Nessa metodologia proposta, a observação dos elementos da paisagem durante os experimentos de campo é o procedimento básico que, combinado aos trabalhos de laboratório, auxiliam na caracterização de setores da orla facilitando uma maior compreensão dos possíveis impactos nessa área em diferentes cenários.

Para essa metodologia, utiliza-se um conjunto de ícones gráficos que colaboram na construção do perfil da orla. Constitui-se de figuras com traços a mão livre que representam todas as paisagens encontradas na orla.

Com a representação gráfica elaborada, se faz necessário uma análise e

compreensão não só dos impactos físicos, mas também dos impactos socioeconômicos que a região vai passar. Assim, pode ser feito um plano de intervenção para a área em questão.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Caracterizar evolução da linha de costa para identificar as áreas de progradação e erosão costeira e seus impactos socioambientais;

Com base no caminhamento, seguindo as máximas de preamar durante cada experimento de campo, observa-se que durante o período da pesquisa houveram algumas alterações em determinados setores da linha de costa.

Nos pontos iniciais do monitoramento não houve uma variação significativa da linha de costa (mapa3).

Mapa 3 - Transectos referentes à preamar máxima da área correspondente aos pontos de monitoramento 1 e 2 em cada dia de experimento

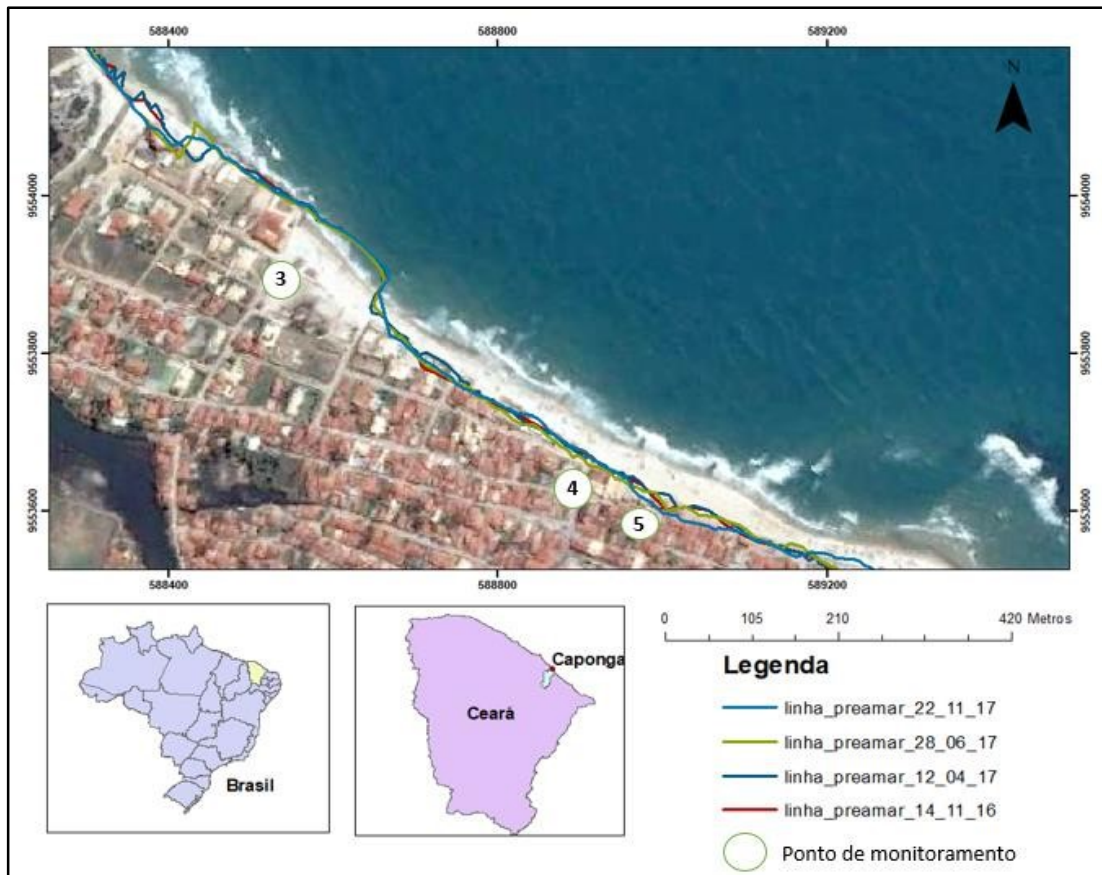


Fonte: Adaptado de Google Earth

O setor da linha de costa que abrange os pontos de monitoramento 3, 4 e 5 diferentemente do setor passado, apresentou variações um pouco maiores em um período anual (mapa 4). Destaca-se uma variação de linhas bem significativa na

região do ponto 5.

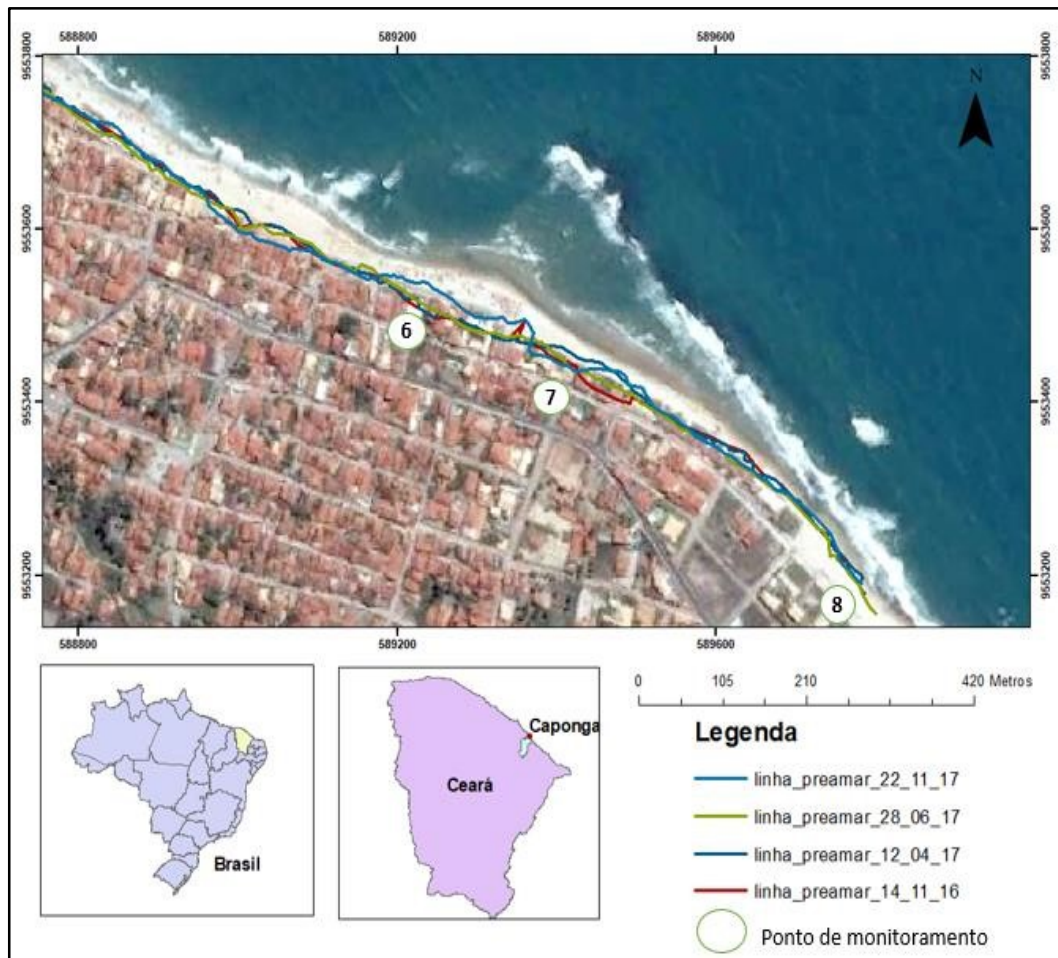
Mapa 4 - Transectos referentes à preamar máxima da área correspondente aos pontos de monitoramento 3, 4 e 5 em cada dia de experimento



Fonte: Adaptado de Google Earth.

O último setor da área de monitoramento, que abrange os pontos 6, 7 e 8, em comparação com os setores anteriores apresenta pontos específicos com uma mudança muito grande entre os transectos, indicando que houve um processo atuante de forma intensa nessa região ao longo de um ano (mapa 5).

Mapa 5 - Transectos referentes à preamar máxima da área correspondente aos pontos de monitoramento 6, 7 e 8 em cada dia de experimento



Fonte: Adaptado de Google Earth.

Foi constatado durante o período de experimento que no período seco houve um predomínio dos processos ligados à erosão da linha de costa e no período chuvoso foram mais expressivos processos progradativos.

Ao ser comparada com imagens anteriores de satélite observa-se uma variação significativa da linha de costa ao longo de 20 anos. Em estudo anterior realizado por Farias (2008), em um intervalo de 18 anos, do ano de 1986 a 2004 linha de costa na praia da Caponga recuou aproximadamente 160 m em direção ao continente, gerando inúmeros danos a população local e aos imóveis situados à beira mar.

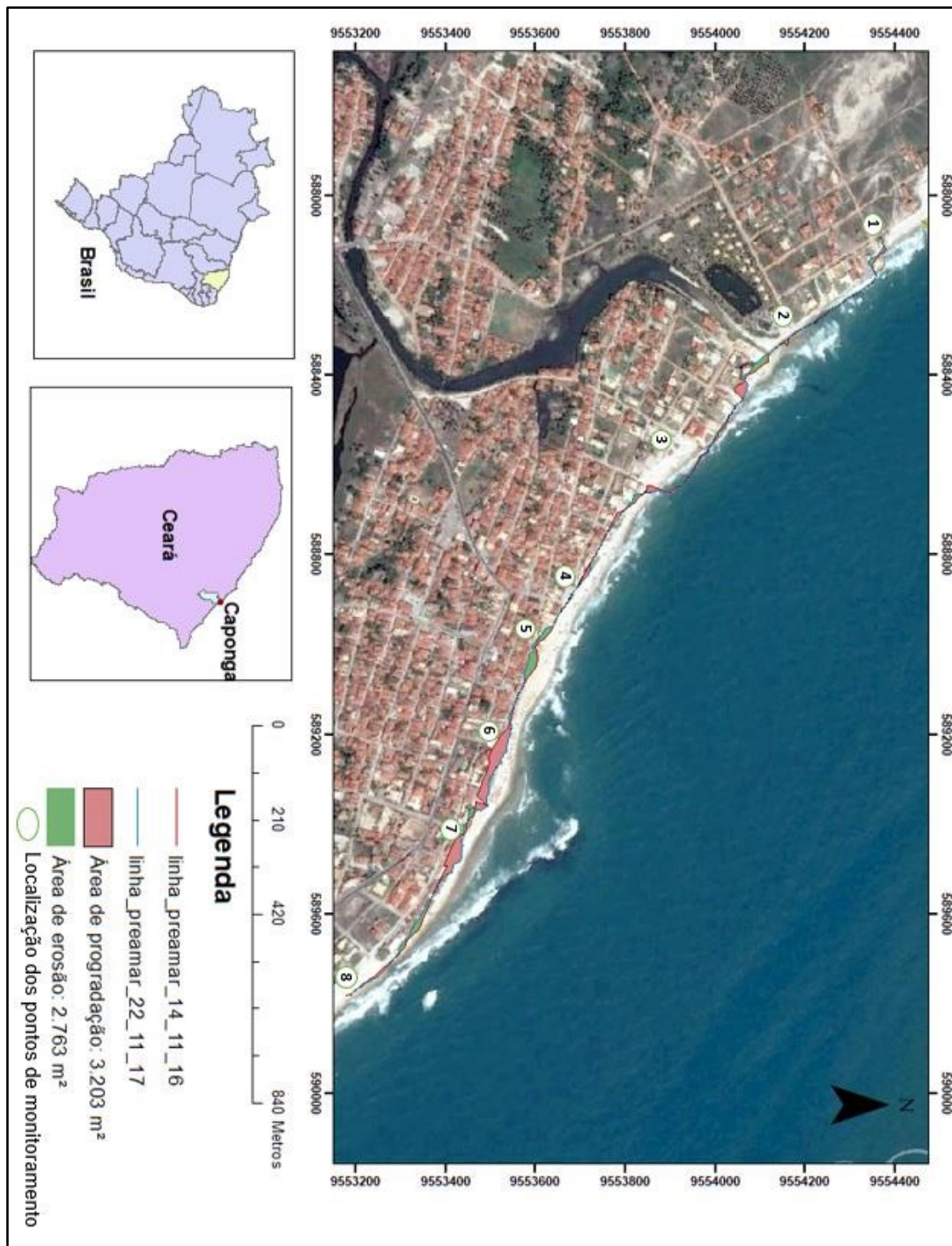
As mudanças mais bruscas acontecem em espaços de tempos mais longos, mas os experimentos de campo dessa pesquisa provam que essas variações podem sim ser perceptíveis em um curto período.

Conforme observado no mapa 6, no decorrer de um ano, observou-se uma área

total de progradação de 3.203 m² e uma área de erosão de 2.763 m².

O estudo de Silva (2012) relatou que a erosão era um processo predominante na região, fato este que não podemos afirmar para o período de um ano (de 2016 a 2017), no qual a área total de progradação ser superior a área de erosão, sendo um fato atípico com base nos estudos apresentados anteriormente.

Mapa 6 - Áreas que sofreram erosão e progradação durante o período de novembro de 2016 a novembro de 2017.



Fonte: Adaptado do Google Earth

A ocorrência de erosão acentuada, concentrada em segmentos bem definidos de um mesmo arco praial, como foi observado no mapa 6, resulta muitas vezes da concentração da energia das ondas por efeito da refração controlada pela topografia do fundo marinho. Outra causa da erosão é devido à falta de suprimento sedimentar, podendo ser tanto por esgotamento da fonte natural ou pela própria retenção de sedimentos nos rios, por perda de sedimentos na formação de dunas e por retenção de sedimentos por obras de engenharia.

O sedimento da praia da Caponga, foi muito utilizado em anos anteriores como matéria prima para indústrias de construção do município de Cascavel, fazendo com que ocorresse um desequilíbrio nos processos naturais de transporte sedimentar, impossibilitando uma acumulação dos grãos nas faixas de praias e dunas frontais.

Essas variações de áreas erosivas e progrativas que ocorreram entre novembro de 2016 e novembro de 2017 podem ser em decorrências de um fenômeno conhecido como rotação praial que é um fenômeno oscilatório, de curto e médio intervalo de tempo (semanas até décadas), observado em praias embaiadas. De acordo com Short & Masselink (1999), corresponde a um realinhamento da praia em resposta a fortes modificações no transporte litorâneo longitudinal (correntes de deriva litorânea), decorrentes de mudança súbita na direção de ondas incidentes, podendo ser causada pela difração ou reflexão de ondas devido a um obstáculo físico; no caso da área de estudo, o promontório natural da Caponga.

Dessa forma, ocorre alternância entre erosão e acreção rumo às terminações opostas da praia, sendo que o sedimento erodido nesse caso não sai da praia, e sim é transportado e depositado em outro local.

No caso dos ambientes praias, Silva et al. (2005) ressaltam que, por exemplo, a indicação da sensibilidade da costa a processos erosivos é de extrema importância, não apenas para conservação dos elementos naturais, mas, também é fundamental na prevenção de riscos às comunidades locais, representando um dos melhores indicadores das tendências evolutivas do ambiente praial.

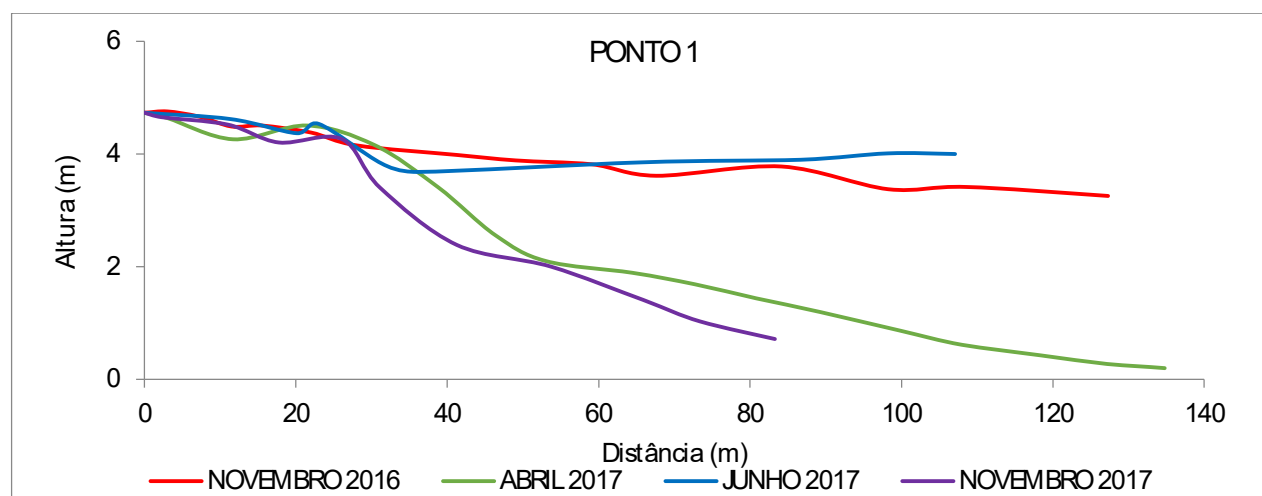
Analisando os perfis topográficos, a maior deposição de sedimentos verificada especialmente na região onde os pontos 6 e 7 estão localizados deve estar relacionado a presença predominante de uma zona de sotamar de célula de deriva litorânea, cuja origem e terminação estão entre as extremidades do promontório. Já o outro ponto com maior deposição, localizado após uma pequena área de erosão, na margem direita do Riacho Caponga Roseira deve sofrer influência do riacho e do

ângulo de incidência de ondas que chegam a praia nesse setor. Na praia da Caponga o que pode ser observado foi o fenômeno de difração de ondas atuantes principalmente nos pontos de monitoramento 1, 2 e 5, acarretando no processo erosivo mais significativo nesses locais.

As áreas que sofreram progradação e erosão podem ser corroboradas com os perfis topográficos obtidos durante os experimentos, conforme as figuras 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12 e 13.

A figura 3 representa o perfil topográfico do ponto de monitoramento 1 ao longo de um ano. Comparando com o mapa de áreas erodidas, percebe-se a variação brusca de cotas ao longo do perfil para os experimentos de novembro de 2016 e novembro de 2017. O perfil indica que houve uma significativa acumulação de sedimentos no mês de abril de 2017, porém no final do ano os sedimentos foram remobilizados dessa área.

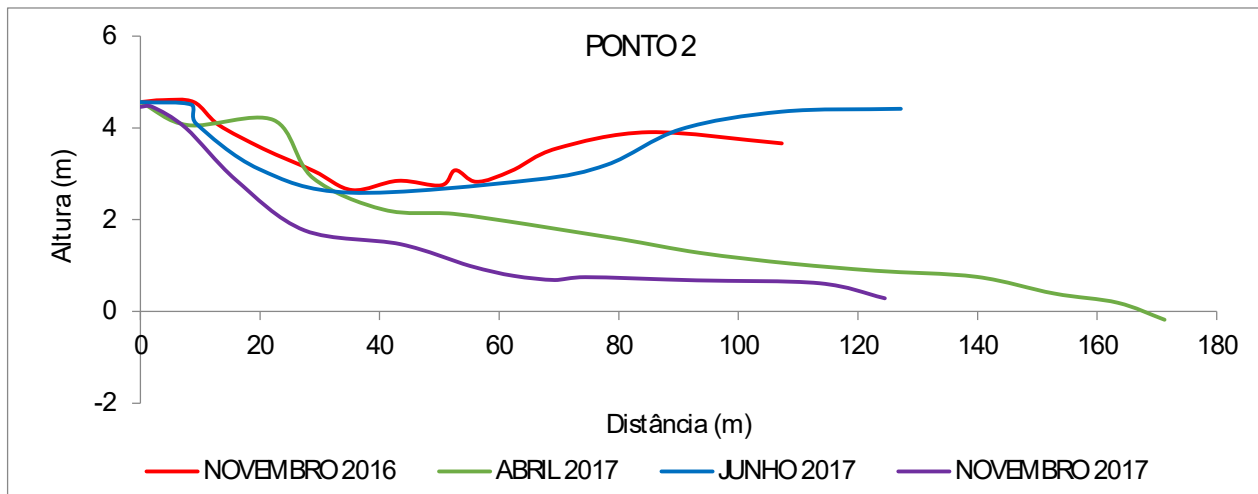
Figura 4 - Variação topográfica do ponto de monitoramento 1 ao longo de um ano



Fonte: Autor.

Para o ponto de monitoramento 2 (figura 4), situado na margem esquerda do Riacho Caponga Roseira observou-se uma variação topográfica desde a região de pós praia para cada experimento de campo e ressalta-se novamente a diminuição de cota topográfica ao longo do perfil entre novembro de 2016 e novembro de 2017.

Figura 5 - Variação topográfica do ponto de monitoramento 2 ano longo de um ano



Fonte: Autor.

Além do processo erosivo de linha de costa no ponto 2, na margem direita do Riacho também foi identificado um processo erosivo ao longo de um ano, porém para o mês de abril observou-se um acúmulo significativo de sedimentos nas regiões às margens do Riacho, conforme a figura 5.

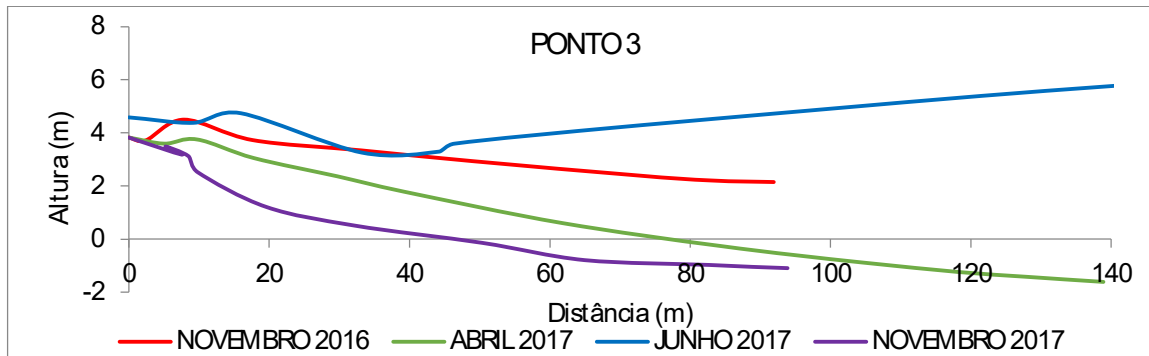
Figura 6 - Riacho Caponga Roseira e suas margens em novembro de 2016 e abril de 2017.



Fonte: Autor.

O ponto de monitoramento 3 apresentou uma grande variação no perfil, recebendo destaque por um acúmulo significativo de sedimento no início da região de pós praia no mês de junho, conforme o perfil topográfico e a imagem de uma residência com bastante acúmulo de sedimento na entrada (Figuras 6 e 7a).

Figura 7 - Variação topográfica do ponto 3 ao longo de um ano.



Fonte: Autor.

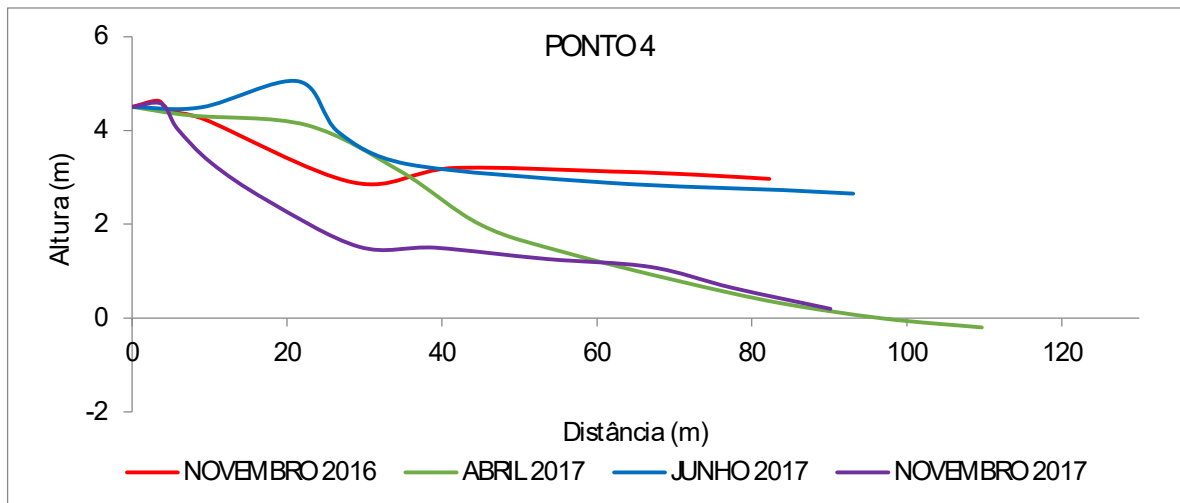
Figura 8 - Área bem próxima ao ponto de monitoramento 3 no mês de junho



Fonte: Autor.

Os pontos de monitoramento 4 e 5 marcam o início da área mais urbanizada. O ponto de monitoramento 4 está localizado antes de um gabião e sofreu uma significativa acreção nos períodos de chuva, conforme observa-se na figura 8 e 9. A cota ficou bastante elevada e a feição de berma bastante evidente.

Figura 9 - Variação topográfica do ponto 4 ao longo de um ano.



Fonte: Autor

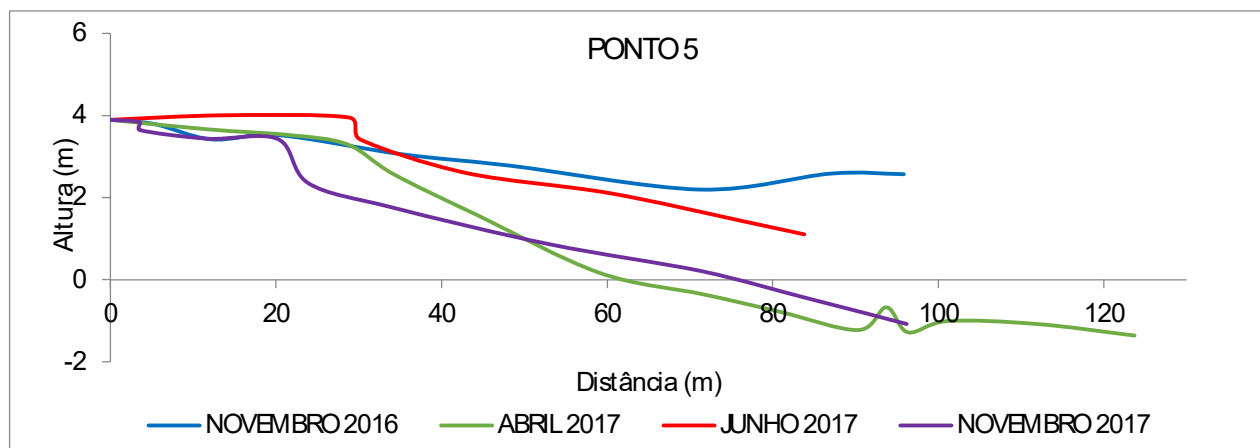
Figura 10 - Região muito próxima ao perfil de monitoramento 4 em a) novembro de 2016 e b) junho de 2017



Fonte: Autor.

Quanto ao ponto de monitoramento 5 (figura 10), localizado logo no início do calçadão da orla os perfis tendem à processos erosivos, como mostrado no mapa de áreas de erosão. O destaque está em um acúmulo de sedimentos no mês de junho, favorecendo cotas mais elevadas em comparação com o mês de abril, também período de chuva.

Figura 11 - Variação topográfica do ponto 5 ano longo de um ano.



Fonte: Autor.

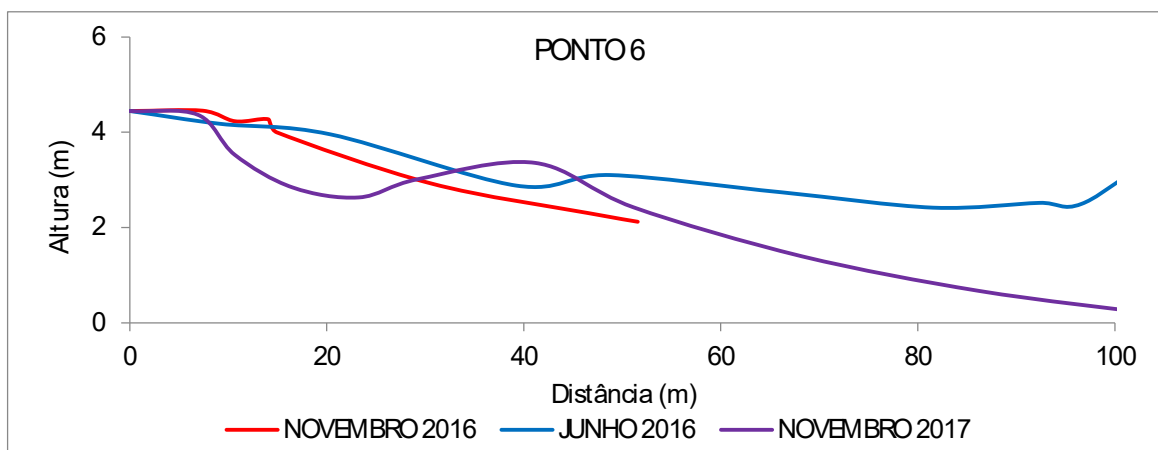
Para os pontos de monitoramento 6, 7 e 8 (figuras 11, 12 e 13, respectivamente) foram coletados dados topográficos nos meses de novembro de 2016, junho de 2017 e novembro de 2017.

Os pontos de monitoramento 6 e 7 (figuras 11 e 12) apresentaram a maior área de progradação referente à linha de costa da área de monitoramento, conforme apresentado no uma maior extensão da faixa de praia ao longo dos perfis.

Situados na ponta externa e no meio do promontório natural da praia da Caponga, o processo de difração de ondas e a incidência de ventos nessa direção podem ter sido fatores essenciais para o acúmulo de sedimentos nessas regiões, engordando a praia naturalmente nesse setor.

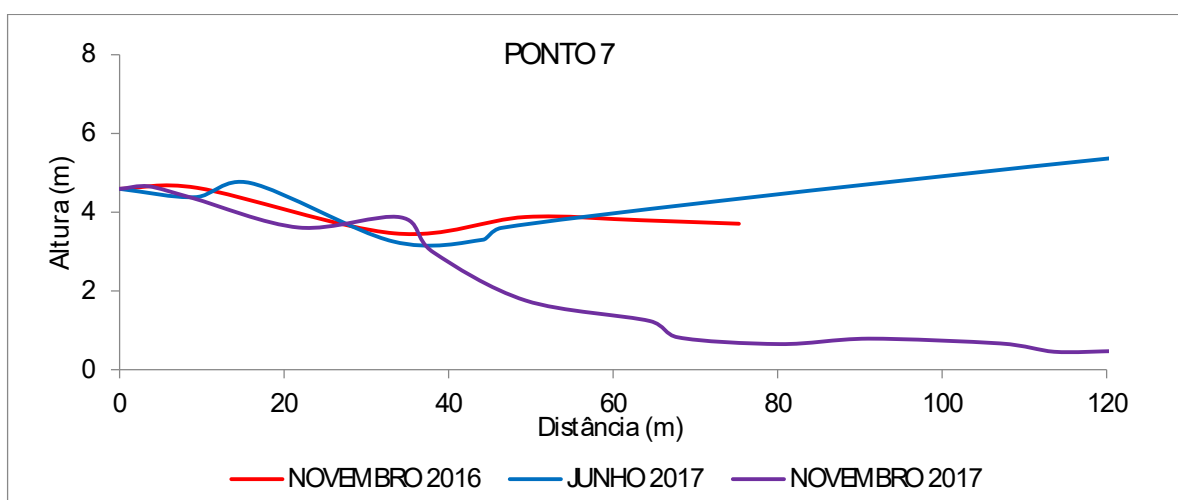
Já o ponto de monitoramento 8 (figura 13) não sofreu nenhuma mudança muito significativa quanto a variação da linha de costa, mas um pequeno acréscimo de sedimento na região de pós praia.

Figura 12 - Variação topográfica do ponto 6 ao longo de um ano.



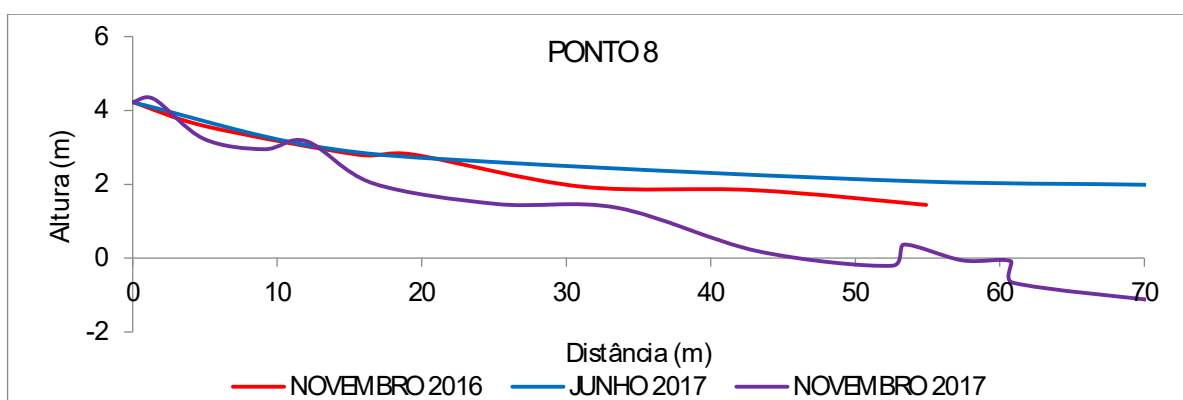
Fonte: Autor.

Figura 13 - Variação topográfica do ponto 7 ao longo de um ano.



Fonte: Autor.

Figura 14 - Variação topográfica do ponto 8 ao longo de um ano.

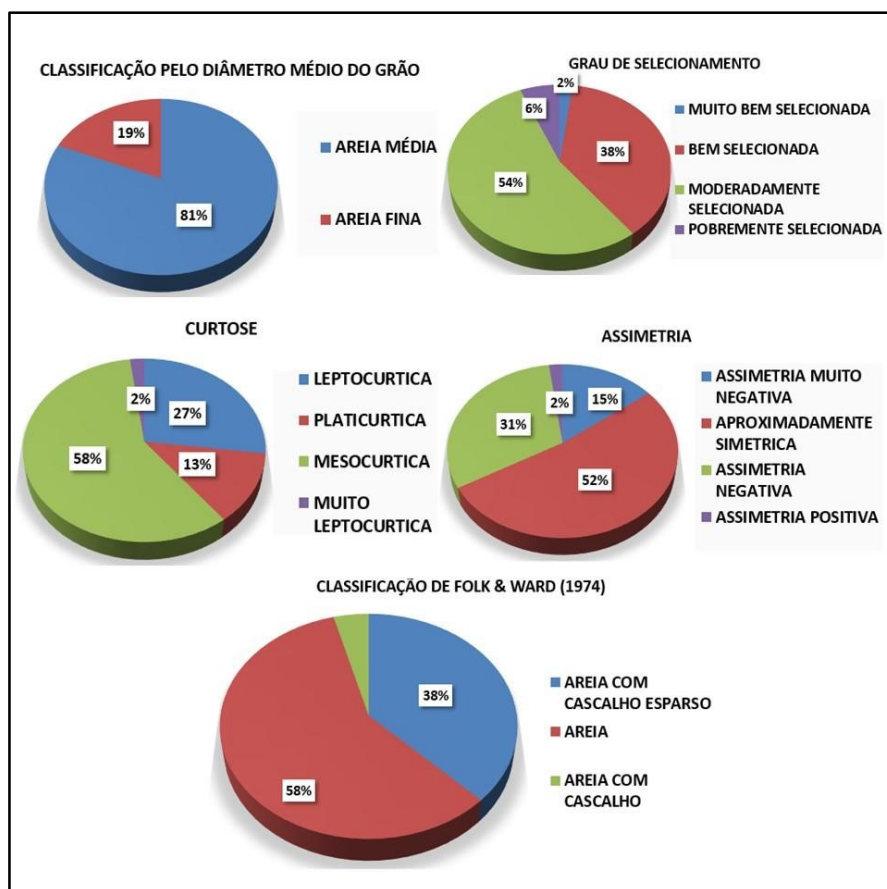


Fonte: autor.

Na praia, onde o solo é mais arenoso a perda de areia numa ponta (erosão) tende a ser compensada pelo acúmulo (progradação) em outra, e vice-versa, para que se mantenha o equilíbrio.

Quanto aos dados de granulometria de sedimento, conforme observa-se na figura 14, durante o experimento de campo no período de estiagem (novembro 2016 e novembro de 2017), 81% das amostras totais foram classificadas como areia média e 54% como moderadamente selecionada. Os valores do grau de assimetria classificaram 52% das amostras de sedimentos coletadas como aproximadamente simétricas. Segundo os valores de curtose, 58% foram classificadas como mesocúrticas. Quanto a classificação com base em Folk & Ward (1974), os grãos foram classificados em três categorias: areia, sendo o maior percentual (58%), areia com cascalho esparsos (38%) e apenas 4% considerados areia com cascalho, indicando que a praia neste período o sedimento apresentado na antepraia é grossa, e a onda quebra com mais força e retira os sedimentos finos.

Figura 15 - Dados estatísticos de sedimento do período de estiagem (novembro de 2016 e novembro de 2017).

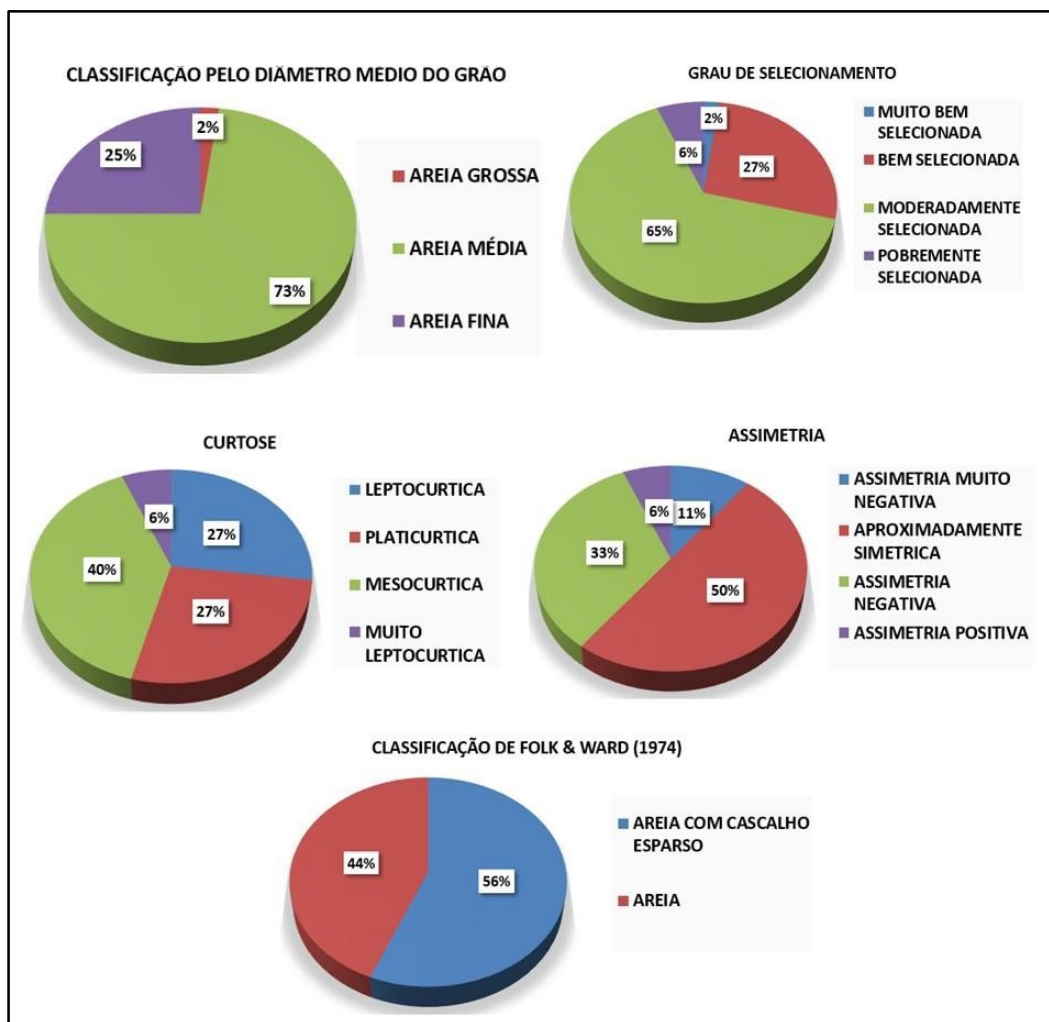


Fonte: Autor.

Durante o período de chuva (figura 15) o tamanho médio do grão apresentou uma maior variação do que a encontrada no período de estiagem. A maior parte das amostras (73%) é composta por areia média, seguido de areia fina (25%), areia grossa (2%). Mais da metade do total de sedimentos 65% desse período apresentou um grau de selecionamento moderado.

Metade das amostras (50%) apresentaram uma assimetria aproximadamente simétrica, seguido de 33% com assimetria negativa, 11% assimetria muito negativa e 6% de assimetria positiva. Quanto à curtose, há representação de todos os tipos, sendo 40% mesocúrtica e apenas 6% muito leptocúrtica.

Figura 16 - Dados de sedimento do período de chuva (abril e junho de 2017)



Fonte: autor.

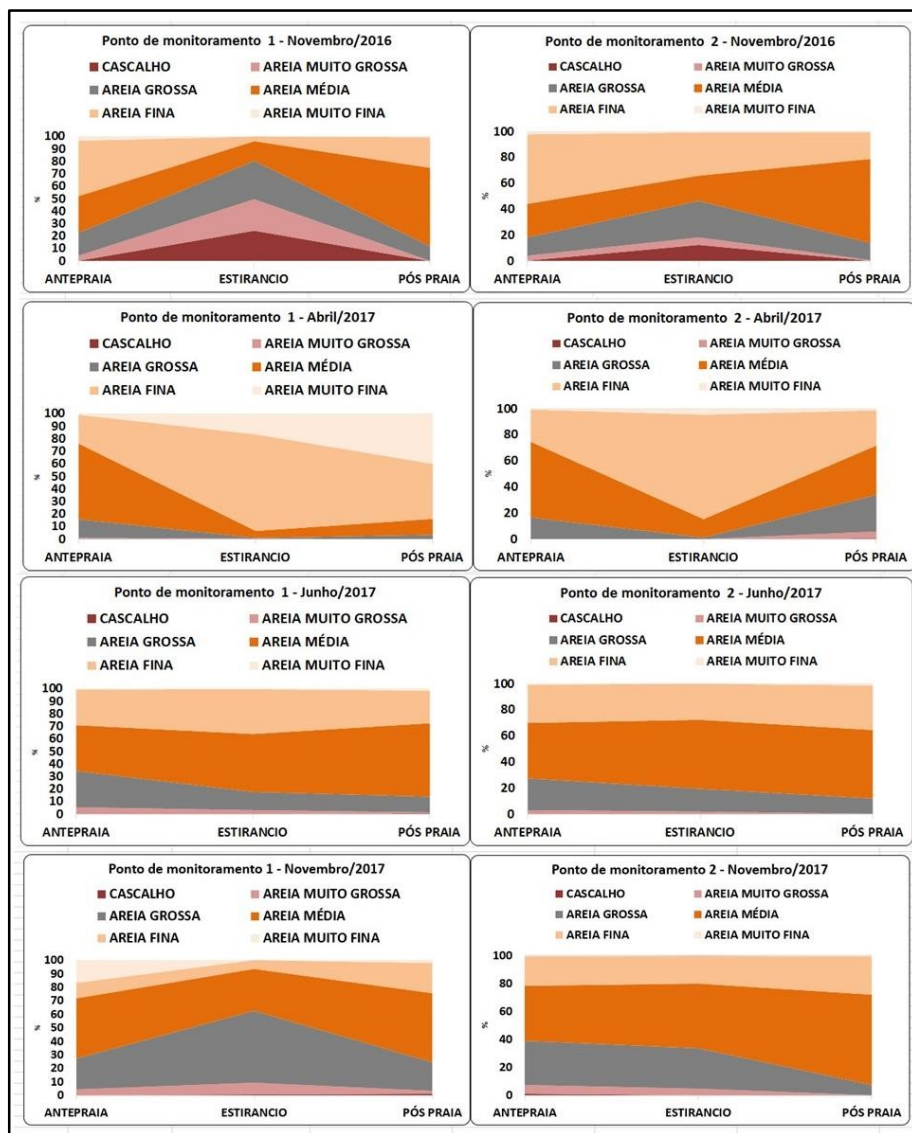
O tamanho médio do grão é variável conforme o setor do perfil bem como quanto a sazonalidade.

No ponto de monitoramento 1 o mês de novembro apresentou uma maior variação com a presença de areia grossa e cascalho na região de estirâncio e destacou-se uma predominância de areia média e fina no estirâncio e pós praia nos meses de chuva (abril e junho de 2017) (figura 16).

No ponto de monitoramento 2, a zona de estirâncio do mês de novembro de 2016, assim como no perfil 1, foi a que apresentou uma maior variação quanto aos tamanhos dos grãos, chegando a ter quase metade da amostra constituída por sedimentos mais grossos e cascalho.

Assim como no ponto 1, é significativa a presença de areia fina na região de estirâncio e pós praia no mês de abril. Em junho observa-se a uma variação de tipo de sedimento mais regular ao longo do perfil. Já no mês de novembro de 2017, percebe-se novamente (como em novembro de 2016) um acúmulo de areia grossa na região do estirâncio (figura 16).

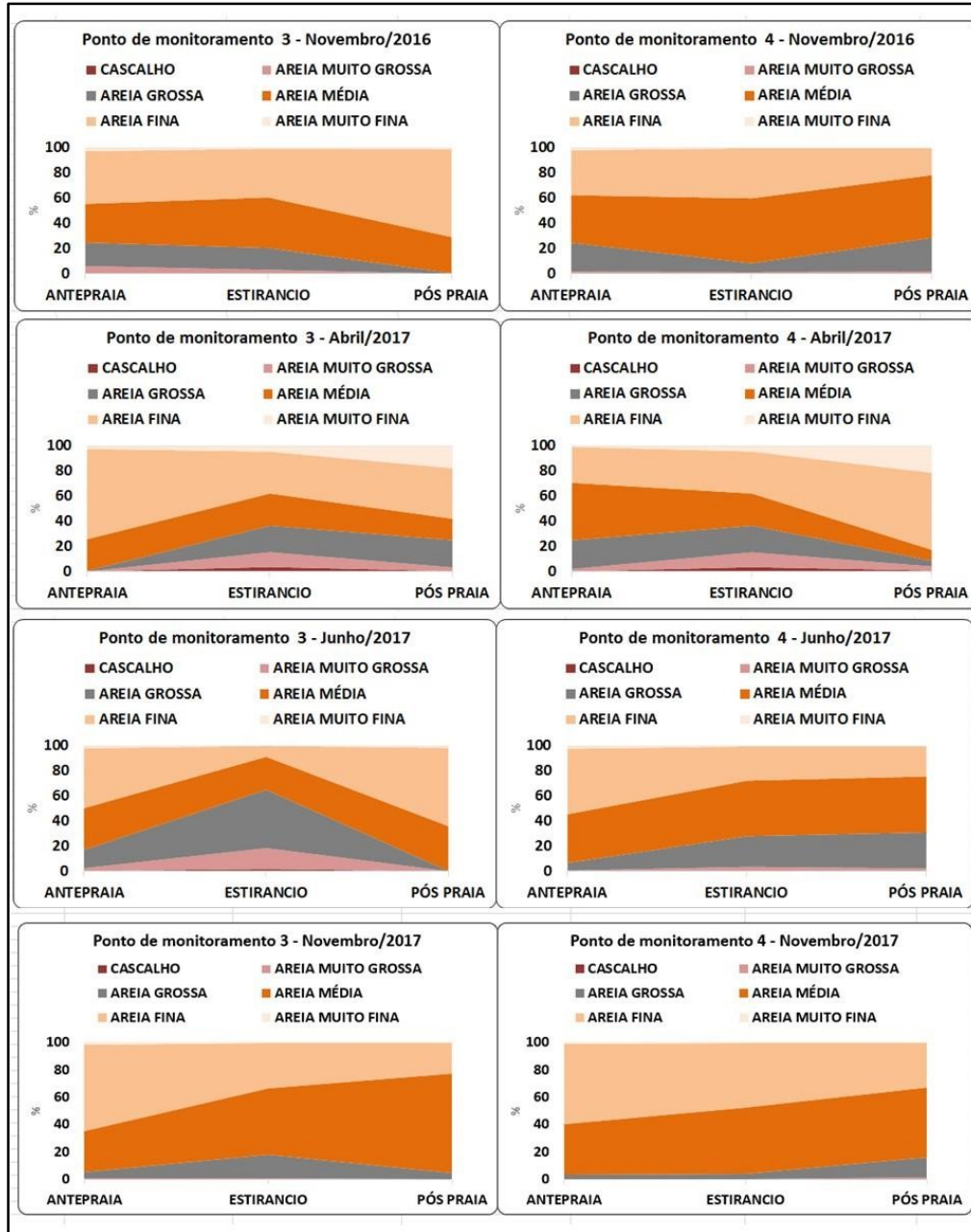
Figura 17 - Variação sazonal dos sedimentos nos pontos de monitoramento 1 e 2



Fonte: Autor.

No ponto 3 do experimento, na pós praia do mês de novembro de 2016 há uma predominância de sedimentos finos e uma menor concentração de areia média ao longo do perfil; diferentemente do que ocorre nesse setor no mês de abril, variando de areia muito fina até areia classificada como muito grossa. Ainda no mês de abril observa-se que a antepraia é constituída significativamente por areia fina e o estirâncio é o que possui uma maior variação quanto ao tamanho médio do grão. No ponto 4, o mês de abril é o que também apresentou uma maior variação granulometria, possuindo uma maior presença de sedimentos mais grossos no estirâncio tanto desse mês quanto de junho em comparação com o perfil sedimentológico observado em novembro (figura 17).

Figura 18 - Variação sazonal dos sedimentos dos pontos de monitoramento 3 e 4



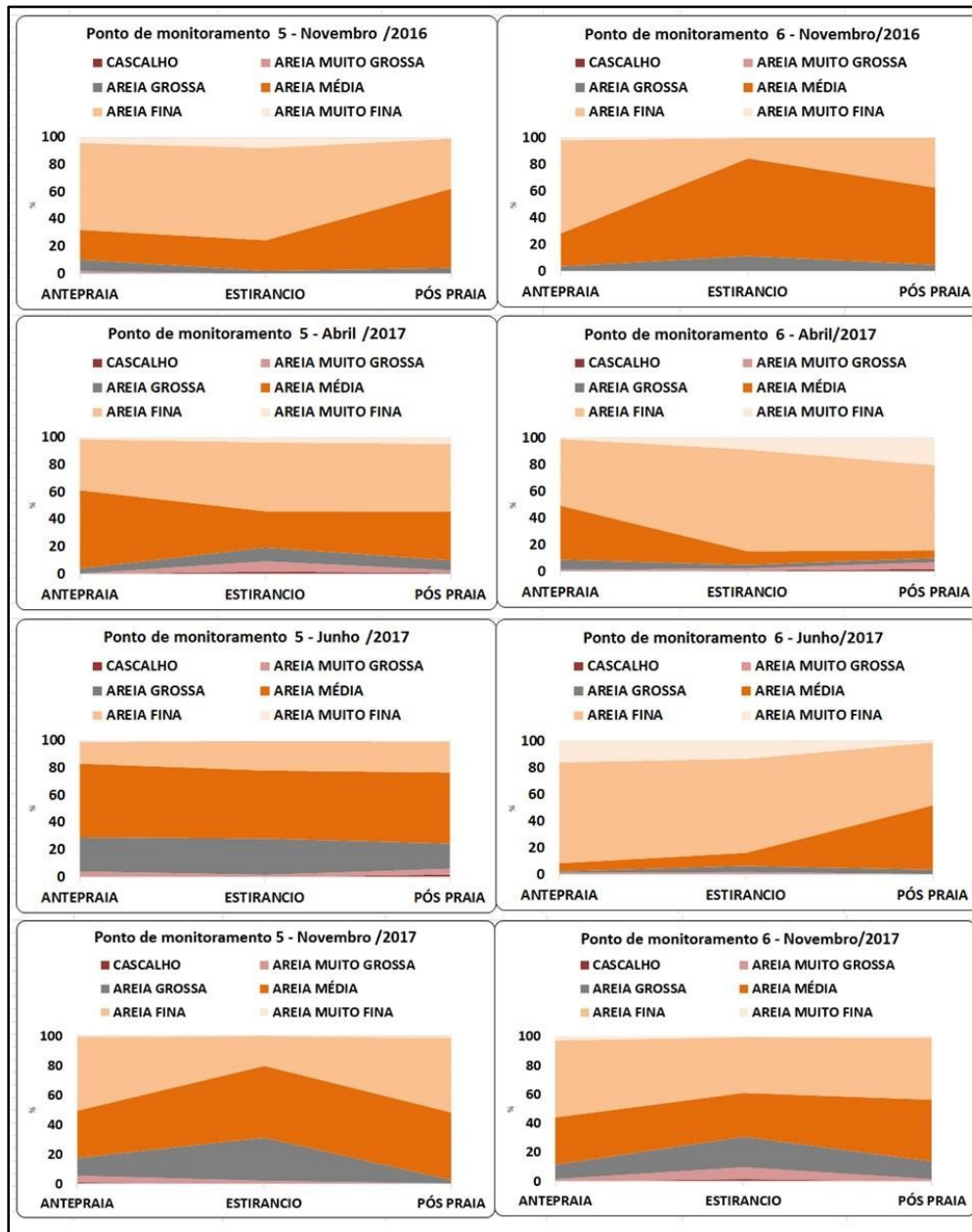
Fonte: Autor.

O ponto de monitoramento 5 (figura 19) no mês de novembro de 2016 é praticamente representado por areia fina na antepraia e região de estirâncio e apresenta uma tendência de aumentar a percentagem de grão mais grossos nesses setores no período de chuva.

Diferentemente, no ponto de monitoramento 6 há uma tendência a aumentar a percentagem de sedimentos finos nos setores de ante praia e estirâncio e até pós

praia no período de chuva (figura 18).

Figura 19 – Variação sazonal dos sedimentos dos pontos de monitoramento 5 e 6.

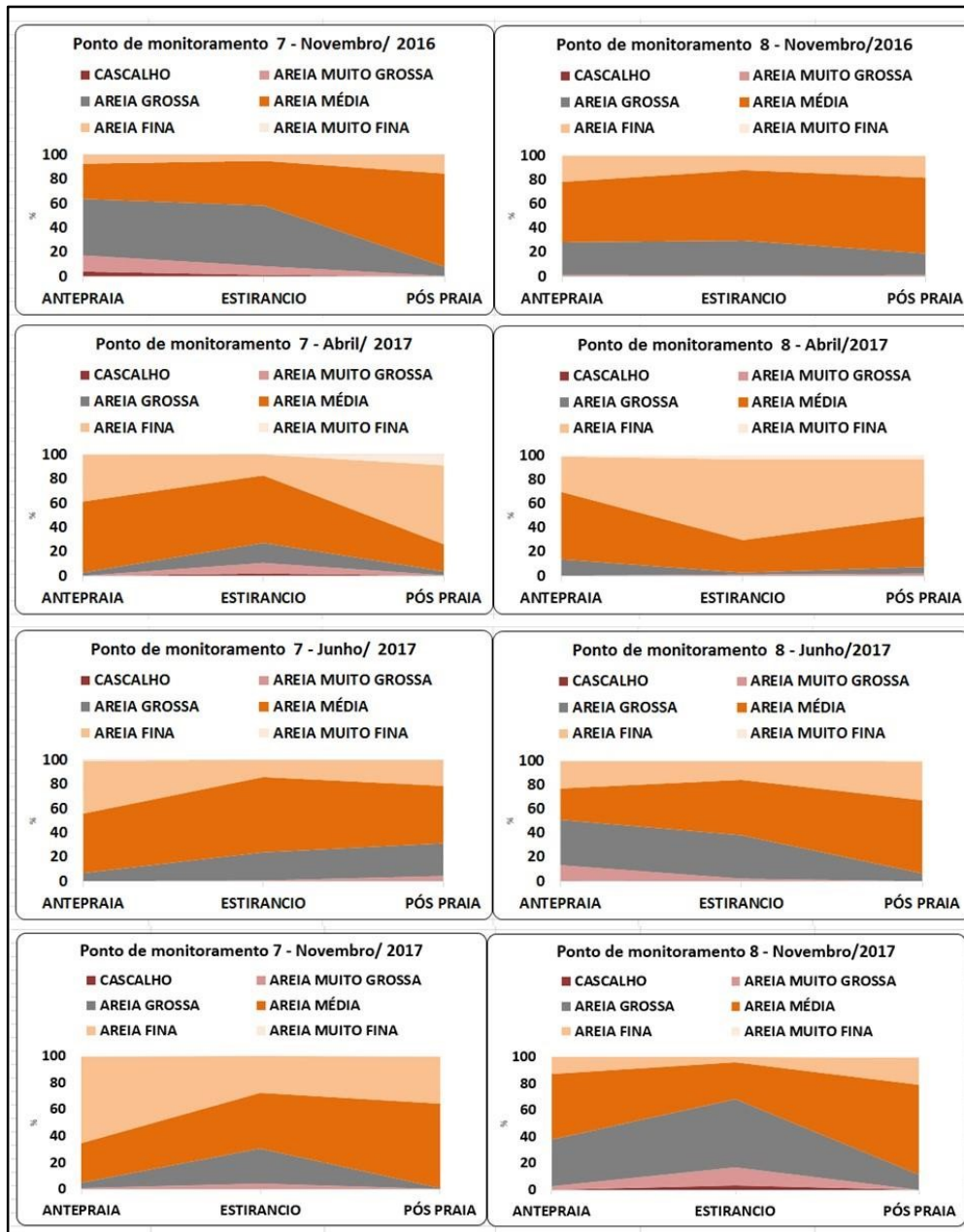


Fonte: Autor.

No ponto de monitoramento 7 destaca-se a predominância de areia grossa na ante praia e estirâncio do mês de novembro de 2016 e na pós praia de junho de 2017. Observa-se a predominância de sedimentos finos na pós praia do mês de abril. No ponto de monitoramento 8, o mês de novembro apresentou uma concentração de sedimentos grossos ao longo de todo o perfil, que sofre uma brusca alteração no mês de abril, apresentando uma pequena percentagem na ante praia e uma até

predominância de sedimentos finos no estirâncio (figura 20).

Figura 20 -Variação sazonal dos sedimentos dos pontos de monitoramento 7 e 8.



Fonte: Autor.

6.2 Identificar as áreas vulneráveis aos eventos de inundação com urbanização consolidada e com presença de dunas frontais.

Para analisar a vulnerabilidade da área à processos de inundações levou-se em consideração dados de perfis topográficos; de sedimentos; de direção e

velocidade de vento; amplitude de maré e de altura, período e velocidade de onda.

A costa cearense possui marés semidiurnas (com período médio de 12,4 horas de defasagem de 50 minutos), com uma amplitude máxima de 2,7 m para o equinócio de março no ano de 1976 e amplitude de 3,3 m para máximas de sizígia no ano de 1980, de acordo com estudo feito por Morais (1980) na costa de Fortaleza.

As ondas que banham o estado do Ceará apresentam uma forte componente de E com direções variando entre os quadrantes E, E-NE e E-SE mantendo uma estreita relação com as direções predominantes dos ventos (MORAIS et al., 2006, PINHEIRO et al., 2016).

A onda predominante, na costa do Ceará, é do tipo sea. As ondas do tipo swell aparecem na costa no começo do ano devido à diminuição da incidência dos ventos alísios e aumento da turbulência no Atlântico Norte. Baseado em dados de estudos anteriores da região de Cascavel obtidos por Pinheiro (2003) e por Lima (2014), observa-se o padrão da ocorrência dos maiores períodos de onda no primeiro semestre, e ondas de maiores alturas no segundo semestre. Essa tendência também é identificada nos anos de 2016 e 2017 na região.

Os dados oceanográficos e atmosféricos nos dias de experimento foram obtidos através do Wave watch III, NOAA Global Forecast System e Marinha do Brasil e organizados na tabela 4 abaixo.

Durante os experimentos de campo, destaca-se uma maior amplitude de maré no mês de novembro de 2016. No experimento de campo do mês de abril, as ondas apresentaram uma altura (Hs) de 0,5 metros e um período de onda (Tp) de 10 segundos, característico de swell.

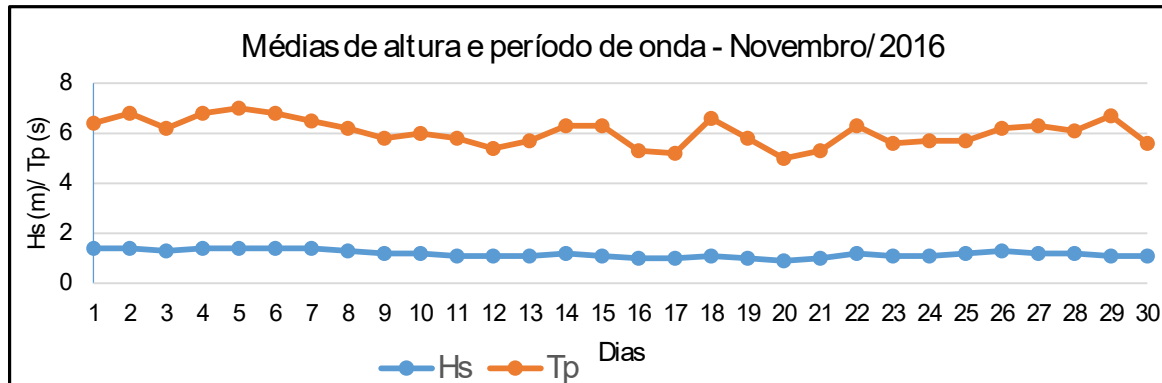
Tabela 4 - Parâmetros oceanográficos e atmosféricos durante os dias de experimento.

Experimento	Onda			Amplitude de maré	Vento	
	Hs(m)	Tp(s)	Dir (°)		Vel (ms)	Dir. (°)
14 /11 /2016	1,2	6,3	20	3,2	7	106
12 /04 /2017	0,5	10	4	2,4	4	64
28 /06 /2017	1,1	5,9	65	2,7	8	118
22/11/2017	1,6	6,6	96	1,8	13	98

Fonte: Adaptado de Wave watch III.

Durante o mês de novembro de 2016 (primeiro experimento), o pico de período de onda foi de 7 segundo e a altura máxima de onda foi de 1,4 metros (gráfico 5), sendo está a maior altura de onda observada nos dias de experimento da pesquisa.

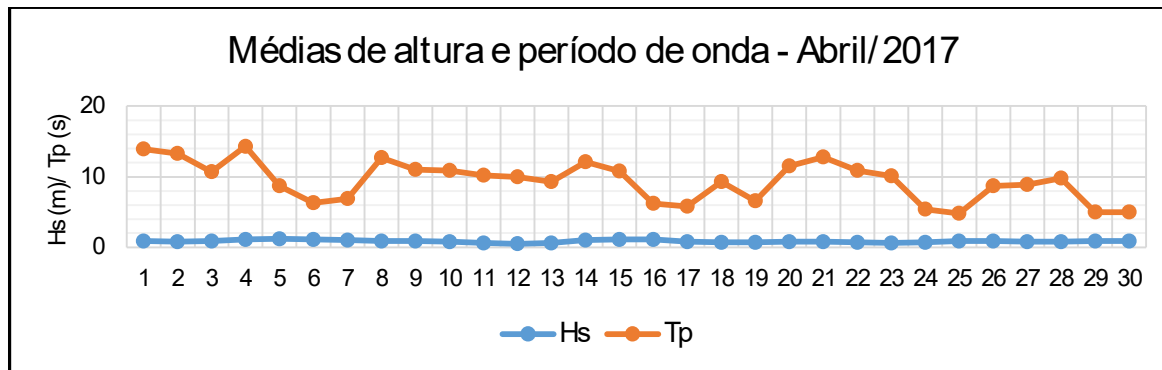
Gráfico 5 -Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de novembro de 2016.



Fonte: Dados obtidos através do CPTEC-INPE.

No mês de abril de 2017 o litoral leste do estado do Ceará sofreu uma forte incidência de swell com ondas possuindo um período (Tp) máximo de 14,3 segundos e altura máxima de 1,2 metros (Gráfico 6); um dos fatores determinantes para as alterações morfológicas identificadas na praia.

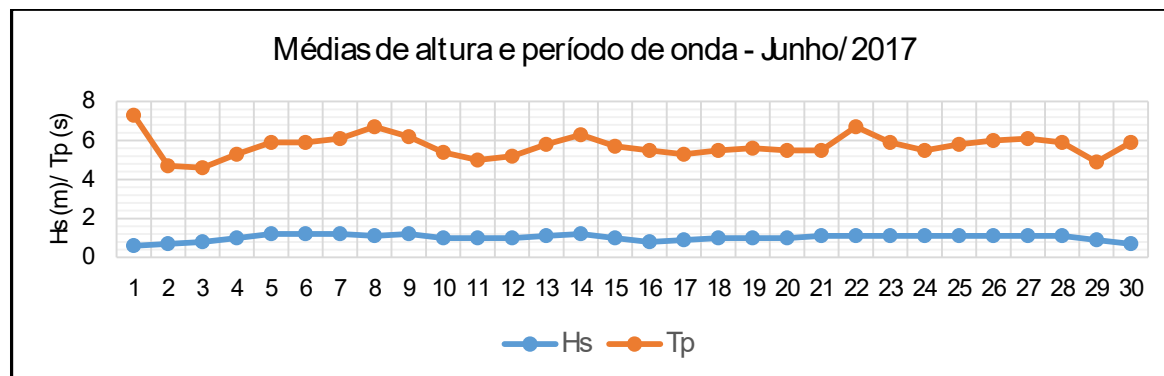
Gráfico 6 - Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de abril de 2017.



Fonte: Dados obtidos através do CPTEC-INPE.

Durante o mês de junho a maior altura de onda foi de 1,2 metros e apresentou alguns picos de período de onda sendo o maior o 7,3 segundos no primeiro dia tendendo a decair ao longo do mês (gráfico 7).

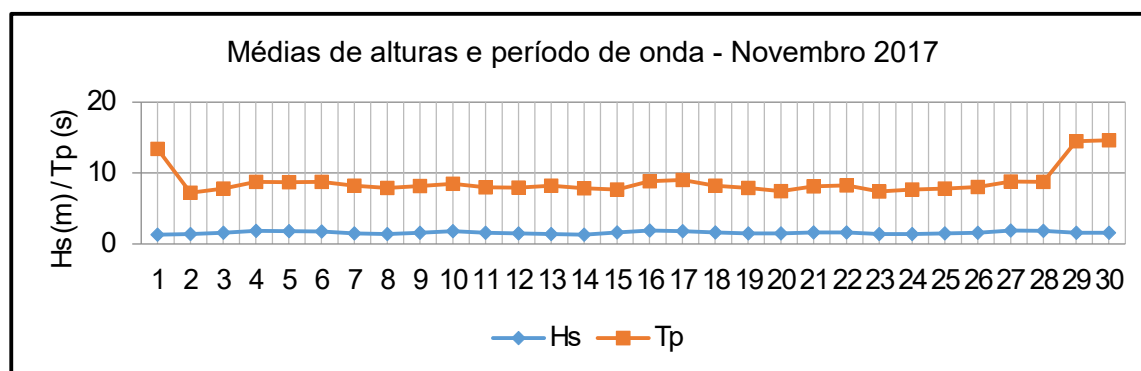
Gráfico 7 - Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de abril de 2017.



Fonte: Dados obtidos através do CPTEC-INPE

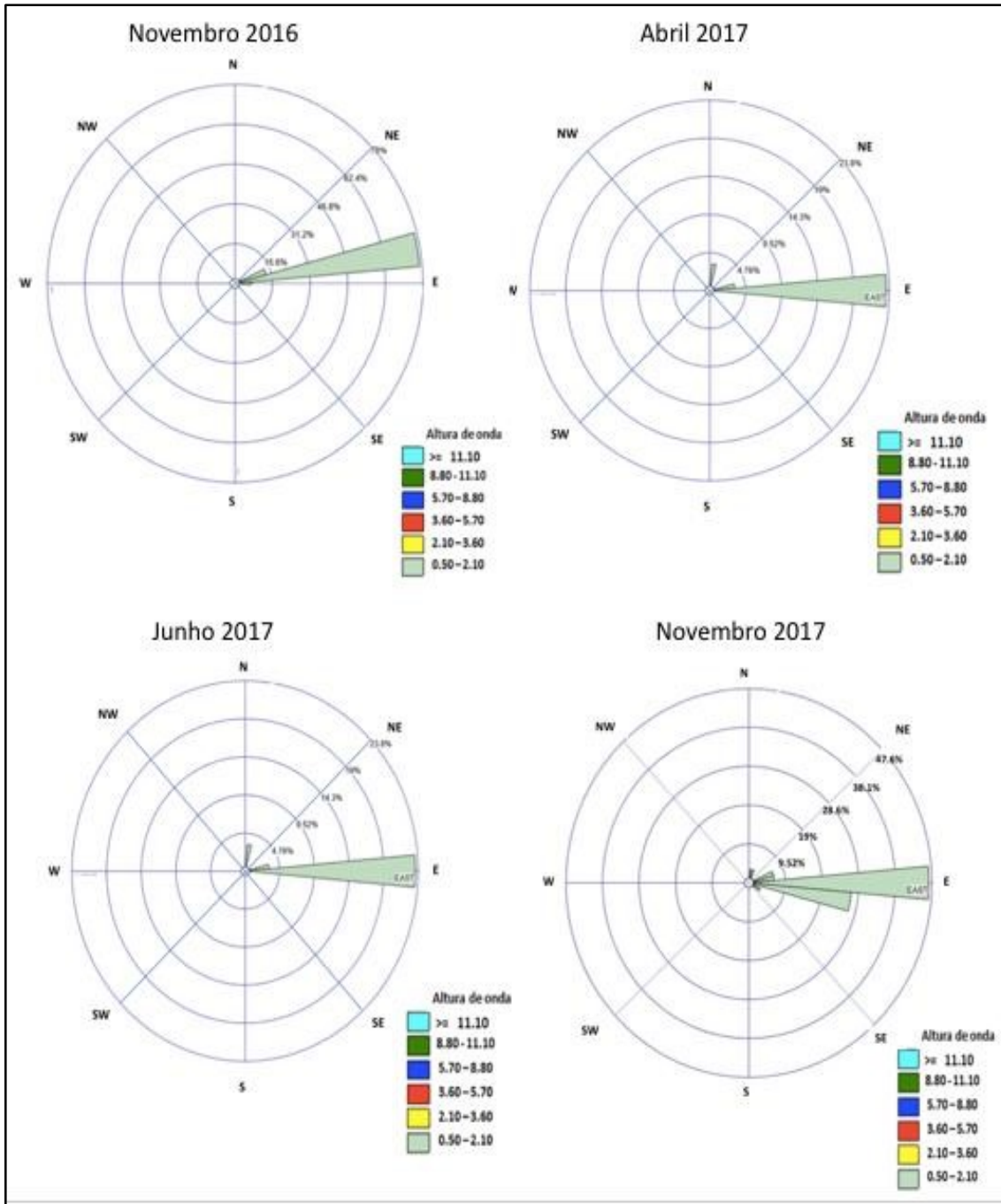
Durante o mês de novembro de 2017, a maior altura de onda foi de 1,9 metros e apresentou dois picos de período de onda, sendo um no início do mês (12,1 segundos) e outros dois nos dois últimos dias do mês (12,85 e 13 segundos) (gráfico 8).

Gráfico 8 - Média do período de pico (Tp) e altura significativa de onda (Hs) para o mês de novembro de 2017



Fonte: Dados obtidos através do CPTEC-INPE.

Figura 21 - Médias de altura e direção de onda dos meses de experimento de campo.



Fonte: Adaptado do Wave Watch.

Correlacionando os parâmetros (altura e direção da onda), caracteriza-se a tendência do swell iniciando em dezembro e permanecendo até maio. A partir de junho com a mudança dos ventos e padrões atmosféricos é raro a entrada do swell nesse período, que retorna, por vezes, no mês de setembro e tem seu auge no mês de

dezembro iniciando um novo ciclo de eventos. Existe uma sazonalidade bem marcada no comportamento das ondas na costa do Ceará. No início do primeiro semestre predominaram as ondas do tipo swell e no segundo as ondas sea

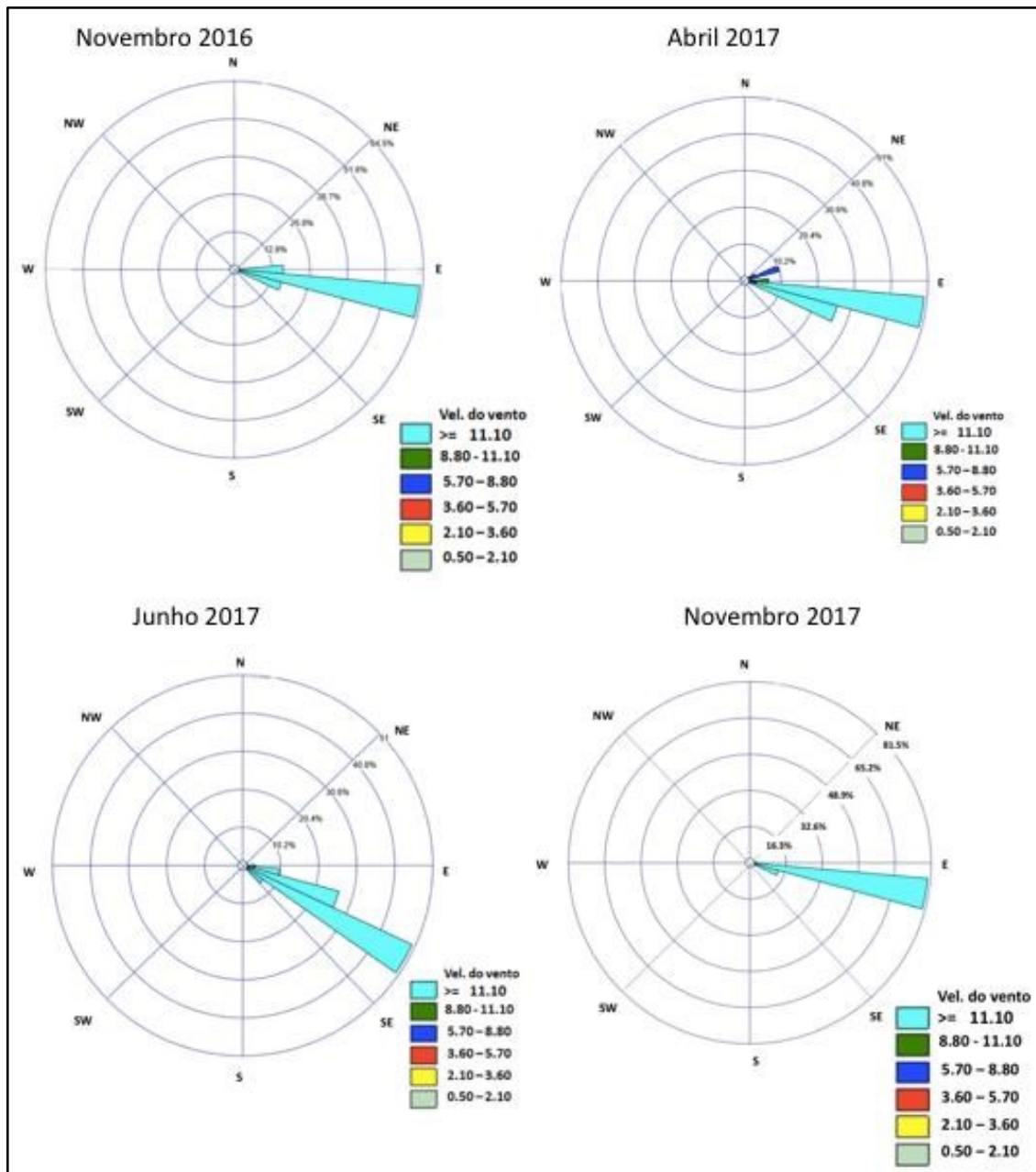
Os ventos desempenham também um importante papel na variação das forçantes marítimas para ocorrência de eventos de alta energia, pois a combinação de sua velocidade, intensidade e direção influenciam na dinâmica e padrões da região (MATIAS et al., 2010).

A ação dos ventos em grande parte do ano, na costa cearense, é proveniente de E e SE, produzindo ondas com um ataque oblíquo à praia, o que originou um transporte longitudinal de areia, principalmente na zona de surf e com sentido regional de leste para oeste (figura 21). Porém, o regime de ventos é sazonal, assim como a pluviosidade, com baixas velocidades prevalecendo durante a estação chuvosa e velocidades mais elevadas durante a estação seca, sendo esta uma forçante primordial para os processos atuantes na faixa de praia.

A área de estudo na praia da Caponga apresenta um elevado potencial eólico, com ventos direcionados gerando as ondas (sea) que ao se chocarem à deriva litorânea, criam um sistema com função de transporte e deposição sedimentar à faixa de praia formando feições e perfis diversificados derivadas das alternâncias na energia da onda, sazonalmente construindo e erodindo as praias.

Em períodos de cheia, as ondas chegam próximas as barracas, restaurantes e pousadas que estão dispostas na pós-praia, tornado um quadro preocupante no ponto 5, visto que, a praia pode estar sofrendo recuo, nível do mar pode estar aumentando e/ou reforçados pelo processo de erosão com rebaixamento do volume sedimentar.

Figura 22- Média de velocidade e direção de vento nos meses de experimento de campo



Fonte: Adaptado do Wave watch

O setor de monitoramento na Praia da Caponga foi avaliado quanto à vulnerabilidade aos eventos de inundação seguindo a escala de impactos de tempestade de Sallenger (2000): espraiamento, colisão, galgamento e inundação.

A partir da análise e uso dos dados hidrodinâmicos foi calculado o runup da onda. Considerando a carência de registros maregráficos com séries históricas, o valor

de storm surge foi extraído de Paula (2012) para o litoral de Fortaleza, com valor médio de 0,32 m. As características de altura e período de ondas e da sobrelevação meteorológica usadas para calcular o R2 e RHIGH estão reunidas na tabela 5 e tabela Tabela 5 - Parâmetros para cálculo de wave runup.

Exp. 1								
Característica	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hs(m)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Tp(s)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
L(m)	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94
Storm Surge	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Maré alta média	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
g	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
π	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
Beach Slope (β)	0,012	0,012	0,024	0,027	0,027	0,065	0,027	0,077
Runup	0,34	0,34	0,39	0,40	0,40	0,59	0,40	0,66
Rhigh (Run+Nmean)	3,86	3,86	3,91	3,92	3,92	4,11	3,92	4,18
Dhigh	4,732	4,559	3,829	4,501	3,897	4,449	4,59	4,226
Rlow	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520
1°	0,82	0,85	1,02	0,87	1,01	0,92	0,86	0,99
2°	0,74	0,77	0,92	0,78	0,90	0,79	0,77	0,83
Exp. 2								
Característica	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hs(m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tp(s)	10	10	10	10	10	10	10	10
L(m)	156,05	156,05	156,05	156,05	156,05	156,05	156,05	156,05
Storm Surge	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Maré alta média	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
g	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
π	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
Beach Slope (β)	0,037	0,043	0,042	0,055	0,041	0,086	0,061	0,077
Runup	0,46	0,49	0,48	0,55	0,48	0,73	0,59	0,68
Rhigh (Run+Nmean)	3,98	4,01	4,00	4,07	4,00	4,25	4,11	4,20
Dhigh	4,732	4,559	3,829	4,501	3,897	4,449	4,59	4,226
Rlow	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520
1°	0,84	0,88	1,05	0,90	1,03	0,96	0,89	0,99
2°	0,74	0,77	0,92	0,78	0,90	0,79	0,77	0,83
Exp. 3								
Característica	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hs(m)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Tp(s)	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
L(m)	54,32	54,32	54,32	54,32	54,32	54,32	54,32	54,32
Storm Surge	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Maré alta média	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
g	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
π	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
Beach Slope (β)	0,044	0,031	0,035	0,048	0,046	0,024	0,025	0,042
Runup	0,44	0,38	0,39	0,45	0,45	0,35	0,35	0,43
Rhigh (Run+Nmean)	3,96	3,90	3,91	3,97	3,97	3,87	3,87	3,95
Dhigh	4,732	4,559	3,829	4,501	3,897	4,449	4,59	4,226
Rlow	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520
1°	0,84	0,86	1,02	0,88	1,02	0,87	0,84	0,93
2°	0,74	0,77	0,92	0,78	0,90	0,79	0,77	0,83
Exp. 4								
Característica	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hs(m)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Tp(s)	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
L(m)	67,98	67,98	67,98	67,98	67,98	67,98	67,98	67,98
Storm Surge	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Maré alta média	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
g	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
π	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
Beach Slope (β)	0,057	0,037	0,041	0,050	0,041	0,043	0,038	0,058
Runup	0,67	0,54	0,57	0,62	0,57	0,58	0,55	0,67
Rhigh (Run+Nmean)	4,19	4,06	4,09	4,14	4,09	4,10	4,07	4,19
Dhigh	4,732	4,559	3,829	4,501	3,897	4,449	4,59	4,226
Rlow	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520
1°	0,88	0,89	1,07	0,92	1,05	0,92	0,89	0,99
2°	0,74	0,77	0,92	0,78	0,90	0,79	0,77	0,83

Fonte: Autor.

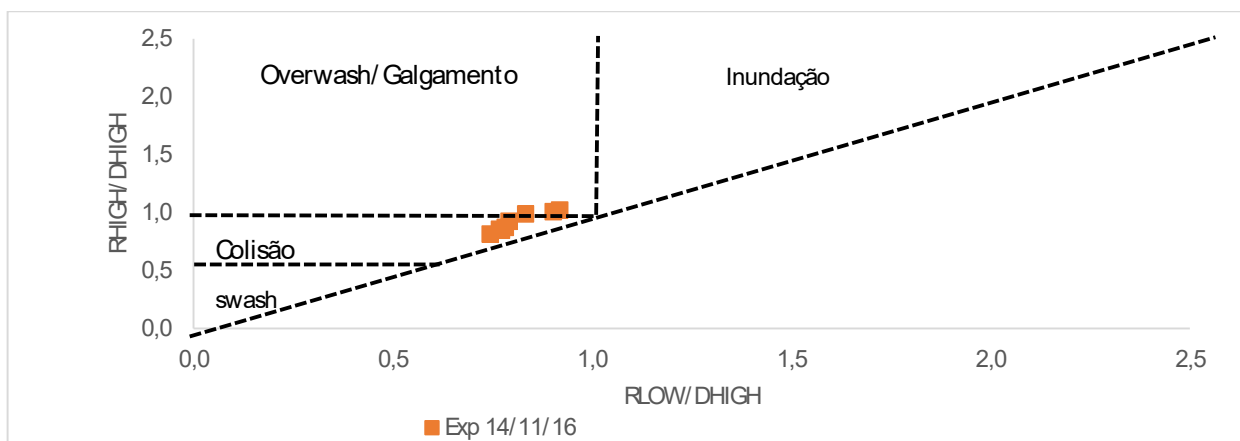
Tabela 6 - Relações entre Rhigh e Dhigh e Rlow e Dhigh de cada ponto de monitoramento em cada dia de campo.

Perfis	Exp 14/11/16		Exp 12/04/17		Exp 28/06/17		Exp 22/11/17	
	Rhigh/Dhigh	Rlow/Dhigh	Rhigh/Dhigh	Rlow/Dhigh	Rhigh/Dhigh	Rlow/Dhigh	Rhigh/Dhigh	Rlow/Dhigh
P1	0,82	0,74	0,84	0,74	0,84	0,74	0,88	0,74
P2	0,85	0,77	0,88	0,77	0,86	0,77	0,89	0,77
P3	1,02	0,92	1,05	0,92	1,02	0,92	1,07	0,92
P4	0,87	0,78	0,90	0,78	0,88	0,78	0,92	0,78
P5	1,01	0,90	1,03	0,90	1,02	0,90	1,05	0,90
P6	0,92	0,79			0,87	0,79	0,92	0,79
P7	0,86	0,77			0,84	0,77	0,89	0,77
P8	0,99	0,83			0,93	0,83	0,99	0,83

Fonte: Autor.

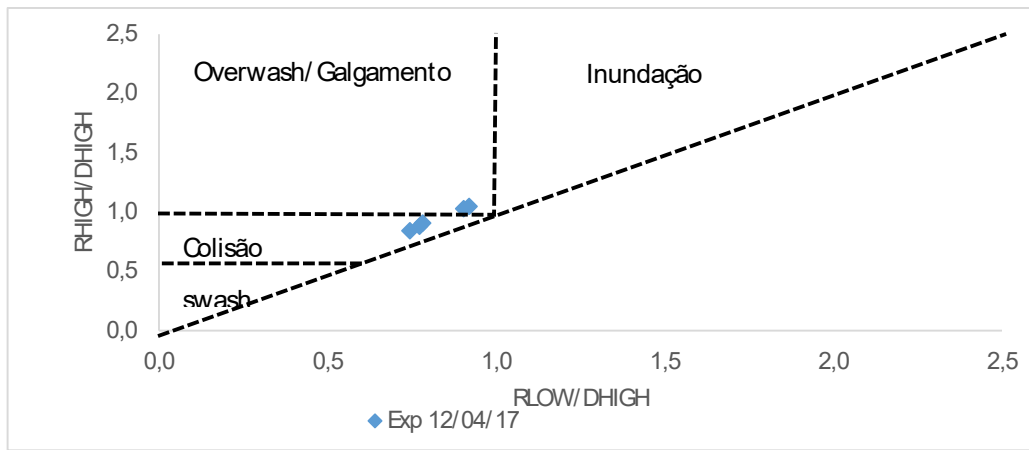
Quanto aos regimes de inundação observados na área, assim como nos experimentos realizados em 2012 por Silva, a área de monitoramento se mostrou vulnerável ao regime de colisão ao longo do ano (gráficos 9, 10, 11 e 12) e até um início de processo galgamento durante os períodos de maior ressacas do mar, como em abril e junho de 2017.

Gráfico 9 - Regime de inundação presente no experimento de novembro de 2016.



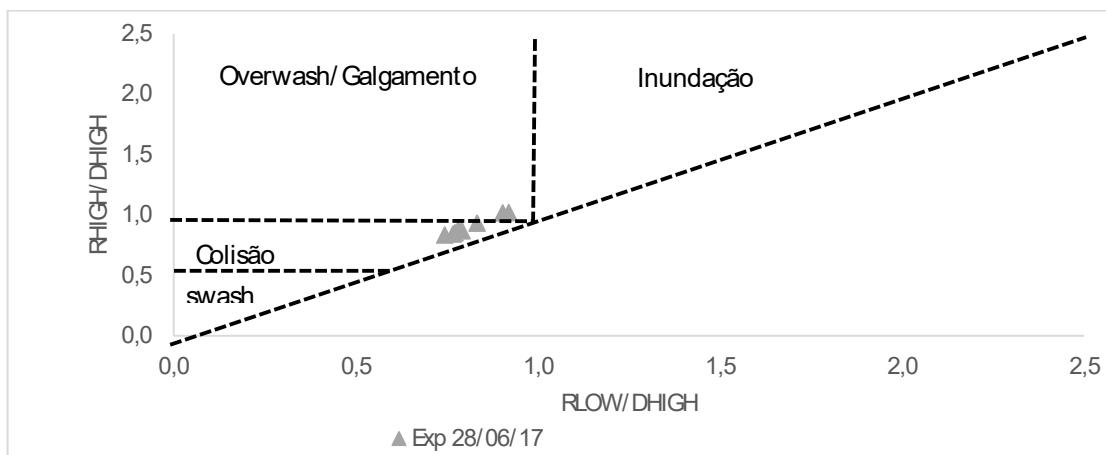
Fonte: Autor.

Gráfico 10 - Regime de inundação presente no experimento de abril de 2017.



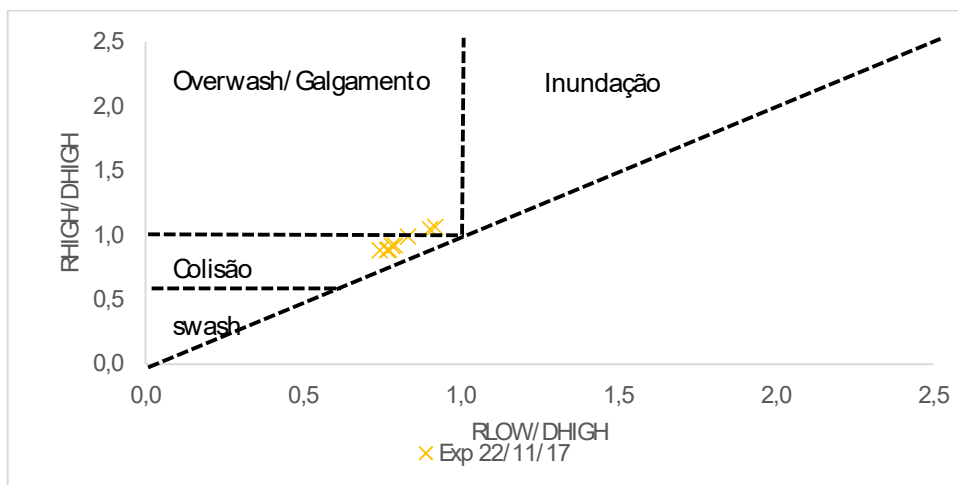
Fonte: Autor

Gráfico 11- Regime de inundação presente no experimento de junho de 2017.



Fonte: Autor.

Gráfico 12 - Regime de inundação presente no experimento de novembro de 2017.



Fonte: Autor.

Seguindo a metodologia proposta por Sallenger, o regime predominante durante os experimentos nos pontos monitorado da área de estudo é a colisão. Com a integração dos dados, pode-se observar que esse regime foi ainda mais atuante no meses de chuva.

O pontos 3 e 5 passaram por um regime de galgamento em todos os experimentos realizados ao longo do ano, acarretando em um maior processo erosivo desses setores, em especial o ponto 5; fator bastante preocupante visto que esta inserido na área mais urbanizada da orla, com barracas de praia, lojas e pousadas.

Os dados obtidos com relação a atuação dos processos de colisão e galgamento, ressaltam a potencial capacidade de transporte sedimentar em uma escala de tempo curta, porém eficiente; visto que esses regimes de inundação são base responsáveis pela erosão das dunas frontais e pontos específicos e acarretadores de recuo progressivo da linha de costa, acumulando sedimento em alguns outros pontos específicos, principalmente em áreas onde a incidência de ondas difratadas é mais intensa, além de contribuírem significativamente nas mudanças de morfologia praial.

6.3. Definir o perfil de uso e ocupação da orla da Caponga, os riscos impostos pela erosão da linha de costa e a vulnerabilidade as inundações.

Como resultado do levantamento bibliográfico, um total de 17 estudos científicos abordaram as alterações ocorridas na zona costeira do município de Cascavel, em especial na Praia da Caponga, nos últimos 25 anos (tabela 7).

O estudo mais antigo encontrado é um artigo publicado no ano de 1992 intitulado “Riscos geológicos associados a dinâmica costeira na Praia de Caponga, município de Cascavel, Estado do Ceará” de autoria de Moraes & Meireles; e os mais recentes, uma dissertação de mestrado e um artigo, publicados no ano de 2014.

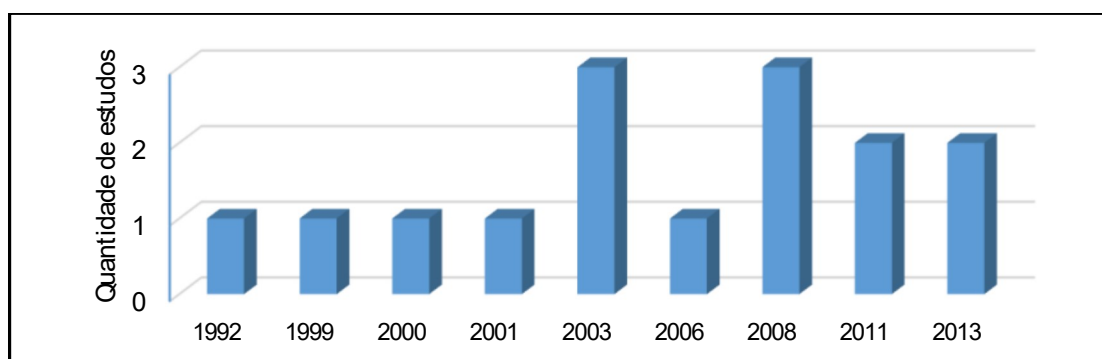
Tabela 7 - Referência dos estudos que abordam a geomorfologia da praia da Caponga

Autor	Ano de Publicação	Título
Jader Onofre de Moraes Antonio Jeovah de Andrade Meiros	1992	Riscos geológicos associados a dinâmica costeira na Praia de Caponga, município de Cascavel, Estado do Ceará
Lidriana de Souza Pinheiro, Jáder Onofre de Moraes	1999	Estudo da Variação Morfológica e Sedimentológica da Faixa de Praia da Caponga, Cascavel-Ceará..
Lidriana de Souza Pinheiro	2000	Compatibilização dos Processos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga-Cascavel-CE.
Lidriana de Souza Pinheiro, Jáder Onofre de Moraes, e Carmen Medeiros.	2001	Mudança da linha de praia e feições morfológicas no município de Cascavel, estado do Ceará, Brasil.
Lidriana de Souza Pinheiro	2003	Risco e gestão ambiental no estuário do rio malcozinhado, Cascavel- CE.
Lidriana de S. Pinheiro, Jáder Onofre de Moraes and Erasmo da S. Pitombeira	2003	Caponga Shoreline Rehabilitation Assessment
Lidriana de Souza Pinheiro	2006	As características morfodinâmicas das praias da Barra do Ceará, Futuro e Caponga – Ceará.
Glairton Rocha	2008	Impactos socioambientais do processo de erosão costeira: subsídios ao planejamento e gestão na Praia da Caponga - Cascavel- CE.
Antônio Jeovah de Andrade Meireles	2008	"Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície Costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense
Eduardo Guilherme Gentil de Farias	2008	Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará.
Antonio Jeovah de Andrade Meiros	2011	Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais
Glairton Cardoso Rocha	2011	Implicações da Erosão em Pequenas Economias Costeiras
Renan Silva de Lima	2012	Vulnerabilidade da linha de costa a eventos de alta energia na Praia da Caponga-Cascavel, Ceará
Giullian Nícola Lima dos Reis	2013	Variação vertical da faixa de praia da Caponga e Águas Belas e riscos associados.
Mariana Correia Aquino	2013	Evolução e Dinâmica Sócio Ambiental na Praia da

		Caponga e Águas Bela, Cascavel, Ceará, Brasil.
Glairton Cardoso Rocha e Marco Túlio Mendonça Diniz.	2014	Caracterização socioambiental da orla marítima da praia da Caponga–Litoral Leste do Estado do Ceará: subsídio ao gerenciamento costeiro

Na década de 90 apenas dois trabalhos sobre a geomorfologia e dinâmica costeira da praia da Caponga tinham sido publicados. Após o ano 2000, se tornaram mais frequentes os trabalhos que envolvem a problemática de erosão da área (Gráfico 9).

Gráfico 13 - Frequência de publicações que abordam os impactos de erosão na praia da Caponga.



Fonte: Autor.

Foi na década de 90, a partir dos anos 1985 que o processo de construção de segundas residências teve início, ocupando inicialmente a faixa de praia. Ao longo dos anos, motivados por uma especulação imobiliária muito grande na zona costeira que enaltecia os terrenos próximo ao mar em toda a costa do Ceará (VASCONCELOS & CORIOLANO, 2008); e, ainda sem haver uma legislação de gestão costeira adequada e efetiva, os setores relacionados a economia (lojas, barracas de praias, hotéis, pousadas, dentre outros) passaram a habitar a orla da Caponga.

No município de Cascavel o turismo não foi contemplado por políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento e ordenamento da atividade, apesar disso, a atividade não é recente na região, subsistindo, ainda hoje, estabelecimentos hoteleiros criados na década de 1980 (ROCHA, 2014).

Dessa forma, com um desenvolvimento urbano acelerado, logo se tornaram visíveis alguns danos e prejuízos causados pelo problema erosivo: a destruição e comprometimento físico de estruturas na faixa de praia tornaram-se evidentes. Assim, os prejuízos econômicos e estéticos foram fazendo parte da realidade da praia (figura

22).

Figura 23 - Destruição de infraestruturas da praia da Caponga.



Fonte: Autor.

A redução de fluxo de freqüentadores da praia foi significativa durante os últimos anos segundo moradores locais. E isso pode configurar-se como um grande problema econômico, pois não só o turismo e os serviços de hotelaria dependem diretamente daqueles, mas outras atividades podem ser comprometidas por esse fenômeno, como a pesca local e lazer.

Com os resultados obtidos nessa pesquisa, podemos perceber que as áreas de erosão estão situadas em setores bem críticos, como no correspondente ao ponto 5, localizado em uma parte bastante urbanizada da orla, com a presença de barracas de praia. Fato este que implica diretamente na economia local, já não há beleza cênica como existia em anos anteriores e o que atrai os poucos turistas para a região são as barracas de praia. Segundo conversas com moradores locais, cada vez menos

turistas frequentam a praia da Caponga devido a curta faixa de praia nessa parte mais urbanizada, diminuindo a área de lazer; e também devido a “invasão do mar” no calçamento.

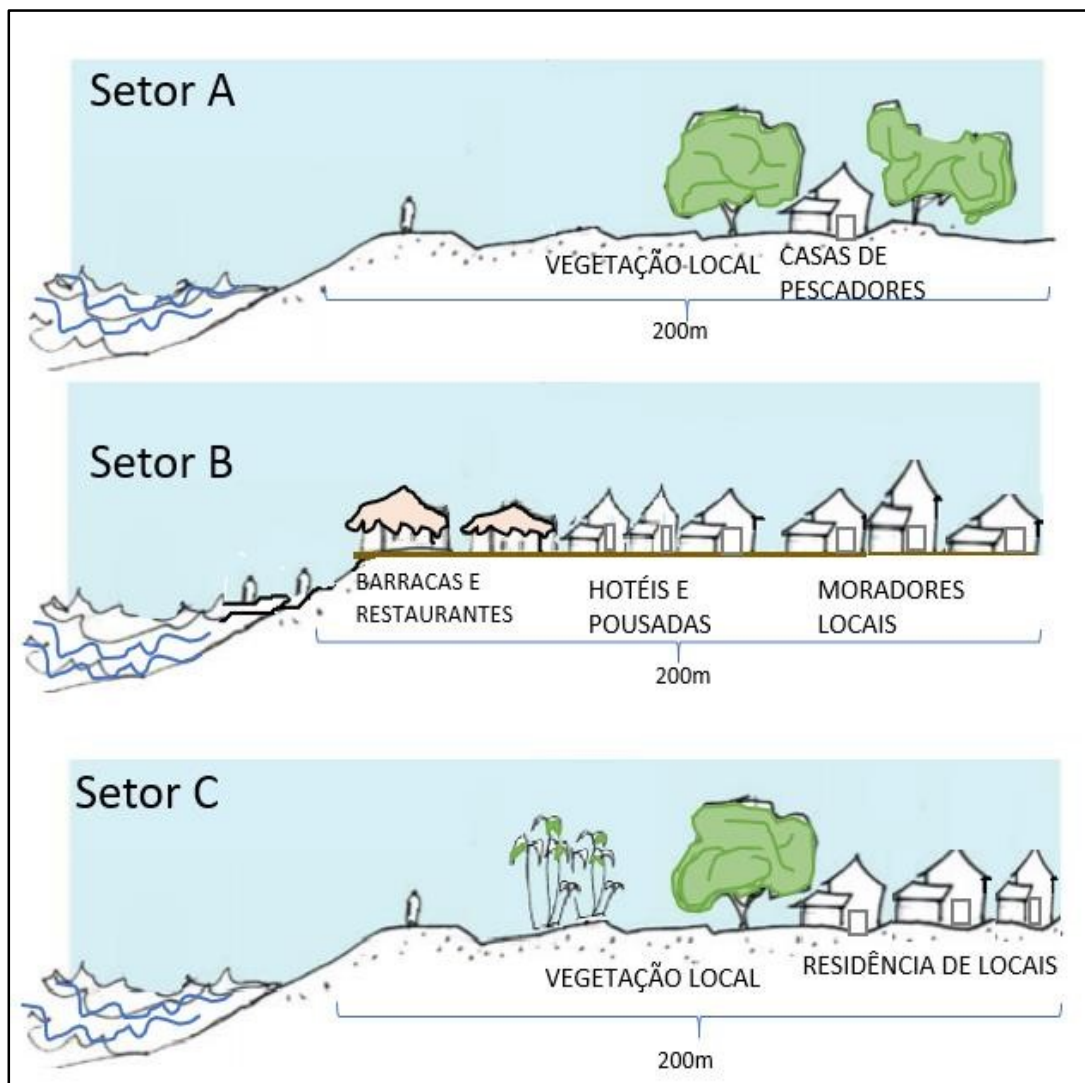
Considerando as questões colocadas sobre a segurança na costa em função da elevação do nível do mar e os efeitos decorrentes, como aceleração do processo de erosão/ inundação, é de extrema importância a discussão sobre o estabelecimento de uma faixa mínima de proteção da costa brasileira a exemplo do que ocorre em outros países, especialmente pela ocupação inadequada que acontece na maior parte da Zona Costeira do Brasil.

O Projeto Orla propõe que a adoção de limites legalmente aceitos é fundamental para orientar as ações de controle e restrição de atividades que possam alterar de forma negativa as características ambientais, estéticas e de acessibilidade à orla, em especial às praias.

Visando um melhor gerenciamento costeiro da praia da Caponga, foram gerados cenários atuais de usos da praia da Caponga, estabelecendo um limite de 200 metros para três setores da praia que foram abrangidos durante essa pesquisa.

Um setor A não urbanizado, correspondente aos pontos 1 e 2, um setor B muito urbanizado com uma grande quantidade de barracas e hotéis, correspondente aos pontos 4 e 5; e por último um setor C menos urbanizado com algumas residências, correspondendo ao ponto 8.

Figura 24 - Setores atuais da praia da Caponga com base no Projeto Orla.



Fonte: Autor.

Com um processo acelerado de erosão costeira logo se tornaram já perceptíveis alguns danos e prejuízos nos diferentes setores, criando cenários bastante preocupantes como: a destruição de vegetações, comprometimento físico de estruturas na faixa de praia, bem como de barracas de praias, hotéis, pousadas, lojas e residências.

Indo muito além desses comprometimentos físicos da orla, se faz necessário levar em consideração as perdas econômicas atreladas principalmente ao turismo local e migração populacional, sendo este um cenário de realidade atual da praia.

Dentre os setores, o que já é e seria cada vez mais potencialmente

impactado é o setor B. Localizado em uma área com grande densidade demográfica em comparação com os outros setores e bastante urbanizada, o setor B seria devastado em qualquer evento extremo. O índice de desemprego cairia, visto que há muitos trabalhadores tanto nos setores de vendas quanto nos hoteleiros; economia da Caponga atrelada ao turismo entraria cada vez mais em decréscimo e a grande malha urbana presente nesse setor seria remobilizada para regiões mais interiores.

7.CONCLUSÕES

- A realização deste trabalho, na região da praia da Caponga permitiu identificar e analisar a variação das morfologias costeiras e detectar a existência de um cenário geral progradante em virtude de uma maior área de progradação na linha de costa ao longo de um ano.
- A partir da aplicação do método do polígono de mudança, identificaram-se para a região do experimento uma área de 3,203m² em comparação com uma área de 2,763m²
- A adoção dos métodos de georreferenciamento e de perfil topográfico para análise da evolução da linha de costa pode ser aprimorada através da integração com dados acerca dos processos hidrodinâmicos.
- O ponto de monitoramento 5 é o que mais sofreu erosão ao longo de um ano, isso se deve às condições ambientais atuantes, principalmente no que diz respeito às forcantes de ondas e ventos onde o processo de galgamento se fez presente ao longo de todo o ano, além de estar inserido em uma área significativamente urbanizada.
- A geração dos dados de wave run-up retratou a realidade observada em campo, permitindo compreender as condições para a ocorrência dos regimes de colisão predominantes ao longo de todo o ano na maioria dos pontos de monitoramento da praia da Caponga, bem como os regimes de galgamento oceânicos em pontos específicos que como vistos, aconteceram de novembro de 2016 a novembro de 2017 nos pontos 3 e 5.
- Este trabalho contribui para o melhor conhecimento da evolução da linha de costa no litoral cearense, visto que ao contrário do que se observava em estudos de anos anteriores, a praia da Caponga apresenta setores com elevada taxa de progradação de linha de costa.
- É de extrema importância uma gestão costeira adequada com políticas e

legislações eficientes para todo o litoral. A elaboração de um Plano de Intervenção com base nas situações identificadas na caracterização e classificação da orla em conjunto com dados de parâmetros ambientais , é uma medida fundamental para o delineamento das ações necessárias para a solução de problemas na zona costeira, bem como para a determinação e alcance das metas de qualidade ambiental, social e econômicas.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. Neil et al. This must be the place: underrepresentation of identity and meaning in climate change decision-making. *Global Environmental Politics*, v. 11, n. 2, p. 1-25, 2011.

ADGER, W. N., S. DESSAI, M. GOULDEN, M. HULME, I. LORENZONI, D. R. NELSON, L. O. NAESS, J. WOLF, and A. WREFORD. Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change* 93(3-4):335-354. 2009.

AGYEMAN, J., P. DEVINE-WRIGHT, and J. PRANGE. Close to the edge, down by the river? Joining up managed retreat and place attachment in a climate changed world. *Environment and Planning A* 41(3):509-513. 2009. <http://dx.doi.org/10.1068/a41301>

AQUINO, M.C. Evolução e dinâmica socioambiental na praia da Caponga, Ceará, Brasil. Monografia, Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Geografia, Fortaleza, 2013.

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

BURLEY, D., P. JENKINGS, S. LASKA, and T. DAVIS. Place attachment and environmental change in coastal Louisiana. *Organization and Environment* 20(3):347-366. 2007.

CARVALHO, A. M.; DOMINGUES, J. M. L.; MAIA, L. P. Interação entre deriva litorânea e potencial formação de dunas na morfogênese costeira do NW do Ceará. *Mercator, Revista de Geografia da UFC*, 03, vol. 5. 2004.

COOPER, J. A. G., and J. MCKENNA. Social justice in coastal erosion management: the temporal and spatial dimensions. *Geoforum* 39(1):294-306. 2008.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. Ecosistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais. Maceió: Ufal, 55 p. 2005.

COUTHARD, S. Can we be both resilient and well, and what choices do people have? Incorporating agency into the resilience debate from a fisheries perspective. *Ecology and Society* 17(1): 4. 2012.

DOMINGUES, J.M.L. Projeto costa do descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e dos subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz Cabralia, Porto Seguro e Prado. Salvador: CBPM, 2000.

DONNELLY, C.; KRAUS, N.; LARSON, M. State of knowledge on measurement and modeling of coastal overwash. *J. Coastal Res*, 22(4): 965-991. 2006.

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.

FERREIRA, O.; GARCIA, T; MATIAS, A; TABORDA, R & DIAS, A. An integrated method for the determination of set-back lines for coastal erosion hazards on sandy shores. *Continental Research*, n.26, p.1030-1044, 2006.

FORTUNATO, A. B.; CLÍMACO, M.; OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA, A.; SANCHO, F.; FREIRE, P. Dinâmica Fisiográfica da Orla Costeira: Estudos de Reabilitação e Proteção. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(1), pp. 45-63. 2008.

GARCIA, T; FERREIRA O; MATIAS, A; DIAS, J.A. Overwash vulnerability assessment based on long-term washover evolution, v. 54, n. 2, 225-244, 2010.

GRAHAM, S., J. BARNETT, R. FINCHER, A. HURLIMANN, C. MORTREUX, and E. WATERS. The social values at risk from sea-level rise. *Environmental Impact Assessment Review* 41:45-52. 2013.

GRAHAM, S., J. BARNETT, R. FINCHER, A. HURLIMANN, C. MORTREUX. Towards fair local outcomes in adaptation to sea-level rise. *Climatic Change*. 2014.

HOEFEL, F. G. Morfodinâmica de praias arenosas, uma revisão bibliográfica. Editora da universidade do Vale do Itajaí. 1998.

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

LIMA, R.S. Vulnerabilidade da linha de costa a eventos de alta energia na Praia da Caponga-Cascavel, Ceará. Dissertação de mestrado, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, 2014.

GLACIANNE, M.O; PINHEIRO, L.S. Eventos de alta energia e suas consequências na zona costeira do município de Aquiraz, estado do Ceará. Arquivos de Ciências do Mar 49.1: 74-90, 2016.

MARTINS, C.C. Variações morfológicas e sedimentares de curto período em perfis praias, Praia da Bertioiga SP. 161f. 2000. Dissertação de mestrado – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

MAZZER, A.M.; SÉRGIO, D. "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 36.1: 117-135, 2009.

MCLACHLAN, A.; BURNS, M. Headland bypass dunes on the South African coast: 100 years of (mis)management. Coastal dunes, Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington. Belkema, Rotterdam, p.71-79, 1992.

MEIRELES, A.J.A. Morfologia litoral y sistema evolutivo de la costa de Ceará – Nordeste de Brasil. Tese de doutorado. Universidade de Barcelona, Espanha, 353p, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, PROJETO ORLA: fundamentos para gestão integrada. 2ª Brasília: Mma, 2006.

MONNEREAU, I., and S. ABRAHAM. Limits to autonomous adaptation in response to

coastal erosion in Kosrae, Micronesia. *International Journal of Global Warming* 5(4):416-432. 2013. <http://dx.doi.org/10.1504/IJGW.2013.057283>.

MORAIS, J.O. Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar / Fortaleza*, v. 20, n. 1/2, p. 71-100, 1980.

MORENGO, J.A., e UVO C.B., Variabilidade e mudança climática no Brasil e América do Sul. *Climanálises: boletim de monitoramento e análise climática – edição especial comemorativa de 10 anos*; Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de Limites da Orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 2, n. 1, 35-44, 2001.

MUEHE, D. Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo. In: PROJETO ORLA: fundamentos para gestão integrada / Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília: MMA, 2006.

MUEHE, D. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. São Paulo, *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46 (2): 157-169, 1998.

O'BRIEN, K. L., and J. WOLF. A values-based approach to vulnerability and adaptation to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1(2):232-242. 2010. <http://dx.doi.org/10.1002/wcc.30>

O'BRIEN, K., S. ERIKSEN, L. P. NYGAARD, and A. SCHJOLDEN. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy* 7(1):73-88. 2007.

O'COLLINS, M. Carteret islanders at the Atolls Resettlement Scheme: a response to land loss and population growth. Pages 247-269 in J. C. Pernetta and P. J. Hughes,

editors. Implications of expected climate changes in the South Pacific region: an overview. UNEP Regional Seas Reports and Studies 128. United Nations Environment Programme, Bangkok, Thailand. 1990.

PEREIRA, L.C.C.; JIMÉNES, J.A.; MEDEIROS, C.; COSTA, R.M. The influence of the environmental status of Casa Caiada and Rio Doce beaches (NE-Brazil) on beaches users. *Ocean & Coastal Management*, 46:1011-1030, 2003.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MEDEIROS, C.; PITOMBEIRA, E. S. The gabions for the protection of Caponga Beach, Ceará/Brazil: Hazards and Management. *Journal of Coastal Research*, Itajaí, 39: 848-851. 2006.

PONÇANO, W. L. (1986). Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. *Revta Brasil. Geoc*, 16(2):157-170.

ROCHA, G. C., DINIZ, M. T. M. Caracterização socioambiental da orla marítima da praia da Caponga–Litoral Leste do Estado do Ceará: subsídio ao gerenciamento costeiro. *Scientia Plena*, 10(1). 2014.

SALLENGER, A.H. Storm impact scale for barrier islands. *Journal of Coastal Research*, 16(3): 890-895, 2000.

SHEPARD, F. P. Harper and row publishers. *Submarine Geology*. New York, 517 pp. 1973.

SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D. Morphodynamics of high energy beaches – an Australian perspective. In: B.G. Thom (ed.), *Coastal Geomorphology in Australia*, Academic Press, 43-68, 1984.

SHORT, A. D. *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. J. Wiley and Sons, p. 145-170. 1999.

SMALL, C. & NICHOLLS, R. J. A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. *Journal of Coastal Research*. West Palm Beach, Florida. 19, 3, pp. 584-599, 2003.

SMITH, M.J., CROMLEY, R.G.. Measuring historical coastal change using GIS and the change polygon approach. *Transactions in GIS* 16(1), 15. 2012

SMIT, B., and J. WANDEL. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16(3):282-292. 2006.

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

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

TUCKER, ME. *Sedimentary Petrology: An Introduction*. Great Britain: Blackwell Scientific Publications, 252 p, 1981.

TURNER, N. J., R. GREGORY, C. BROOKS, L. FAILING, and T. SATTERFIELD. From invisibility to transparency: identifying the implications. *Ecology and Society* 13(2): 7.2008.

VELOSO-GOMES, F.; TAVEIRA-PINTO, F.; DAS NEVES, L.; PAIS BARBOSA, J.; COELHO, C. Erosion risk levels at the NW Portuguese coast: The Douro mouth - Cape Mondego stretch. January 2004, Volume 10, Issue 1, pp 43-52, 2004.

ZHANG, WENYAN, et al. "Land-sea interaction and morphogenesis of coastal foredunes—A modeling case study from the southern Baltic Sea coast." *Coastal Engineering* 99:148-166.2015.

WRIGHT, L. D.; THOM, B.G. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. *Progressing Physical Geography*, v.1, p.412–159, 1977.