

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL

LUCAS DE FIGUEIREDO FORMIGA ALVES

**ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO À EROSÃO COSTEIRA E ESTABILIZAÇÃO DA
LINHA DE COSTA: CASO DA PRAIA DO MEIO, NATAL/RN**

NATAL/RN

2018

LUCAS DE FIGUEIREDO FORMIGA ALVES

**ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO À EROSÃO COSTEIRA E ESTABILIZAÇÃO DA
LINHA DE COSTA: CASO DA PRAIA DO MEIO, NATAL/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa.

NATAL/RN

2018

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Alves, Lucas de Figueiredo Formiga.

Estruturas de contenção à erosão costeira e estabilização da linha de costa: caso da Praia do Meio, Natal/RN / Lucas de Figueiredo Formiga Alves. – Natal, 2018.

71 f.

Orientador: Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte.

1. Erosão costeira – Monografia. 2. Avanço do mar – Monografia. 3. Proteção costeira – Monografia. 4. Enrocamento – Monografia. I. Tabosa, Werner Farkatt. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

LUCAS DE FIGUEIREDO FORMIGA ALVES

**ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO À EROSÃO COSTEIRA E ESTABILIZAÇÃO DA
LINHA DE COSTA: CASO DA PRAIA DO MEIO, NATAL/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa

Orientador

Profa. Dra. Ada Cristina Scudelari

Convidado Externo

Dedico esta monografia aos meus pais que nunca me deixaram desistir e sempre acreditaram em mim. Aos meus professores que me ajudaram nessa trajetória, fazendo com que o meu sonho se tornasse real.

AGRADECIMENTOS

A Deus meu superior e auxiliador, de quem obtive toda a sabedoria nos tempos difíceis da carreira acadêmica.

Aos meus pais, Régio Luciano Xavier Alves e Maria Jose de Figueiredo Formiga pelo amor e apoio incondicional.

Ao meu orientador Dr. Werner Farkatt Tabosa, pelo suporte, pelas correções e incentivos.

Aos queridos professores que colaboraram e incentivaram na busca do conhecimento. Agradeço a todos que de alguma forma participaram deste estudo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

(Paulo Beleki)

RESUMO

O avanço do mar é um fenômeno que atualmente atinge grande parte do litoral brasileiro, tem provocado mudanças na paisagem. Desta forma faz-se necessárias medidas interventivas de proteção do litoral, a fim de minimizar os impactos ambientais e defender o patrimônio urbano. É cada vez mais comum que haja investimentos em estruturas rígidas de proteção costeira, consequentemente potencializando o processo de artificialidade da costa. No Brasil, a situação das praias em relação à erosão costeira não é diferente da maioria dos países, havendo inúmeras praias onde o processo é severo e requer medidas de contenção e/ou recuperação, especialmente sobre o litoral da região do Nordeste. O objetivo desse trabalho é fazer uma análise detalhada da obra de proteção costeira tipo enrocamento localizada na Praia do Meio situada na cidade do Natal no estado do Rio Grande do Norte, tomando por base o projeto da estrutura. Tirando conclusões, levando em consideração fatores cênicos, sociais e ambientais e detalhar os fatores negativos e positivos da estrutura fazendo um levantamento de dados e discutindo sobre a influência da mesma na região onde está sendo construída. Para melhor entendimento foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre erosão costeira, os agentes dinâmicos causadores da erosão, o que causam o desequilíbrio ambiental na localidade de estudo, os tipos de estruturas de proteção da linha de costa, os fatores dinâmicos que afetam o equilíbrio sedimentar da localidade e uma análise estrutural mostrando se esse tipo de obra costeira foi a melhor opção para a área.

Palavras-chave: Erosão costeira. Avanço do mar. Proteção costeira. Enrocamento.

ABSTRACT

The advance of the sea is a phenomenon that currently affects much of the Brazilian coast, has caused changes in the landscape. In this way it is necessary to intervene to protect the coast in order to minimize environmental impacts and defend urban heritage. It is increasingly common that there are investments in rigid structures of coastal protection, consequently enhancing the process of coastal artificiality. In Brazil, the situation of beaches in relation to coastal erosion is not different from most countries, there are numerous beaches where the process is severe and requires measures of containment and / or recovery, especially on the coast of the Northeast region. The objective of this work is to make a detailed analysis of the coastal protection work, located in Praia do Meio, located in the city of Natal in the state of Rio Grande do Norte, based on the structure design. Drawing conclusions taking into account scenic, social and environmental factors and detail the negative and positive factors of the structure. Make a survey of data and discussing the influence of the same in the region where it is being built. For a better understanding, a bibliographical research was done on coastal erosion, the dynamic agents that cause the erosion, which causes the environmental imbalance in the study site, the types of structures of protection of the coastline, the dynamic factors that affect the sedimentary balance of the locality of study and a structural analysis of the showing if this type of coastal work was the best option for the area.

Keywords: Coastal erosion. Seaward advancement. Coastal protection. Rock formation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Erosão costeira.....	15
Figura 2 – Obra de proteção costeira (enrocamento) arrumado de pedras na praia de Ponta Negra, Natal/RN.....	16
Figura 3 – Destruição de uma rua à beira-mar em Barra de Santo Antônio – PE	16
Figura 4 – Localização da área de estudo.....	26
Figura 5 – Diagrama de classificação de costas, baseado na importância relativa da altura de maré e da altura das ondas.....	35
Figura 6 – Esporões localizado na praia de Areia Preta no litoral do Rio Grande do Norte	42
Figura 7 – Exemplo de molhe protegendo uma zona portuária.....	43
Figura 8 – Guia Corrente localizado na entrada do porto de Natal-RN	44
Figura 9 – Paredão também utilizado como arrimo, situado na Praia de Meio em Natal (RN).....	45
Figura 10 – Estrutura tipo de bulkhead.....	46
Figura 11 – <i>Beachrocks</i>	47
Figura 11 – Modelo de quebra-mar	48
Figura 12 – Enrocamento aderente adotado na Praia de Ponta Negra, Natal/RN ...	49
Figura 13 – Modelo de Bagwall	50
Figura 14 – Bagwall- Praia da Croa, Alagoas.....	50
Figura 15 – Praia de Copacabana, Rio de Janeiro, na década de 1950	51
Figura 16 – Praia de Copacabana, Rio de Janeiro em 2010	51
Figura 17 – Dique de 32 quilômetros de extensão unem as duas neerlandesas Holanda do Norte e Frísia	53
Figura 18 – Modelo de gabião utilizado na proteção da costa na praia de São Bento do Norte/RN	54
Figura 19 – Enrocamento no primeiro trecho sendo executado	57
Figura 20 – Mapa de localização dos trechos de enrocamento aderente proposto para a Praia do Meio, separados entre si por área de estabilidade	58
Figura 21 – Elevação manual da camada de suporte do geotêxtil. Extraído do Projeto de contenção do processo de erosão marinha e estabilização da linha de costa na praia de Ponta Negra (2013).....	63

Figura 22 – Enrocamento tipo aderente	63
Figura 23 – Estrutura enrocamento sendo executada na Praia do Meio – RN.....	65
Figura 24 – Representação da proporção de inclinação do talude de uma seção de enrocamento aderente	66

LISTA DE SIGLAS

CEM	Coastal Engineering Manual
GERCO	Gerenciamento Costeiro
IPM	Instituto de Pesquisas da Marinha
NM	Nível do Mar
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
SPM	Shore Protection Manual
ZC	Zona Costeira
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZPA	Zonas de Proteção Ambiental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA	14
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Geral	17
1.3.2 Específicos	17
2 METODOLOGIA	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 ZONA COSTEIRA NO BRASIL	19
3.2 DINÂMICA COSTEIRA: erosão e acréscimo de costa	21
3.2.1 Fatores que influenciam o processo erosivo na Praia do Meio	22
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO ÁREA	24
3.3.1 Localização da área de estudo	25
3.3.2 Caracterização fisiográfica da área de estudo	27
3.3.2.1 Geologia	27
3.3.2.2 Geomorfologia	28
3.3.2.2.1 <i>Tabuleiro Costeiro</i>	29
3.3.2.2.2 <i>Dunas</i>	29
3.3.2.2.3 <i>Arenitos de Praia (Beachrocks)</i>	30
3.3.2.3 Clima	30
3.3.2.4 Temperatura	31
3.3.2.5 Umidade relativa do ar	31
3.3.2.6 Pluviometria	31
3.3.2.7 Vegetação	31
3.3.2.8 Recursos Hídricos	32
3.3.2.9. Ventos	33
3.3.2.10 Oceanografia	33
3.3.2.10.1 <i>Ondas</i>	34
3.3.2.10.2 <i>Correntes</i>	34
3.3.2.10.3 <i>Marés</i>	35
3.3.2.11 Plataforma continental	36
3.3.2.12 Sedimentos	36
4 OBRAS DE DEFESA DOS LITORAIS	38

4.1 OBRAS PESADAS.....	38
4.2 ESTRUTURAS TRANSVERSAIS	38
4.3 ESTRUTURAS LONGITUDINAIS	39
4.4 OBRAS DE PROTEÇÃO DESTACADA.....	40
5 TIPOS DE OBRAS DE DEFESA DOS LITORAIS	41
5.1 ESPORÃO.....	41
5.2 MOLHE / GUIA CORRENTE.....	43
5.3 PAREDÃO (SEAWALLS)	44
5.4 ANTEPAROS (BULKHEADS)	46
5.5 QUEBRA MAR	46
5.6 ENROCAMENTO (REVTMENTS)	48
5.7 BAGWALL	49
5.8 ENGORDAMENTO DE PRAIA (ALIMENTAÇÃO ESPECIAL DA PRAIA)	51
5.9 DIQUES.....	52
5.10 GABIÃO.....	53
6 ESTUDO DE CASO: PRAIA DO MEIO.....	55
6.1 MORFODINÂMICA DA PRAIA DO MEIO	56
6.2 DEFINIÇÃO DA MEDIDA DE PROTEÇÃO	58
6.2.1 Altura significativa de onda adotada.....	59
6.2.2 Peso dos Blocos Rochosos	59
6.3 DETALHAMENTO DA SEÇÃO DO ENROCAMENTO ADERENTE E SEUS COMPONENTES	63
6.3.1 Estrutura Interna	64
6.3.2 Estrutura Externa	65
6.4 INCLINAÇÃO DA SEÇÃO	66
6.5 DEFINIÇÃO DAS COTAS DE COROAMENTO DAS SEÇÕES	67
7 CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

Para conter o avanço do mar e proteger o patrimônio público e privado são executadas obras de contenção rígidas de defesa, podendo apresentar alto ou baixo nível tecnológico (PAULA, 2015). Iniciativas individuais de proteção utilizam baixas tecnologias, resultando em baixos níveis de eficiência (PAULA, 2015). Já as ações governamentais, geralmente, são realizadas por meio de obras que envolvem altas tecnologias (PAULA, 2015).

Para Siqueira (2014) a erosão costeira pode ocorrer devido a, elevação do nível do mar, diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral, gradação antropogênica (causada pelo homem) das estruturas naturais, obras de engenharias costeiras e obras portuárias.

Segundo Siqueira (2014) as estruturas portuárias induzem acumulação de sedimentos na zona a barlar e erosão costeira a sotamar, sendo causadores de parte da erosão costeira.

Em geral, as estruturas de engenharia que são construídas sobre a zona costeira, visam minimizar ou evitar o recuo da linha de costa (por exemplo, para defender uma frente urbana), ou aumentar a área utilizável (ou propiciar a criação) de praias, ou ainda, embora raramente, reter parte da deriva litoral para reduzir a acumulação sedimentar a sotamar.

Segundo Siqueira (2014) verifica-se tendência, a nível mundial, para preterir as estruturas tipo rígido (proteção fixa), privilegiando intervenções ambientalmente menos agressivas, como as realimentações de praia (“engordamento”) e a transposição de molhes (proteção dinâmica).

As estruturas rígidas de proteção costeira podem ser de dois tipos, segundo Siqueira (2014): transversais (perpendiculares ou oblíquas à linha de costa, como os esporões e os molhes) e longitudinais (que se dispõem ao longo, ou paralelamente à linha de costa, como os paredões ou os quebra-mares).

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Um dos principais problemas enfrentados no litoral brasileiro é a erosão costeira, isso acontece devido a vários fatores, sejam eles de origem antropogênicas ou naturais. Com o avanço da ciência e da tecnologia, combinado ao crescimento populacional e a ocupação desordenada do solo, os seres humanos, tendem a modificar cada vez mais, o ambiente ao seu redor. Um exemplo clássico desse processo, está na necessidade de se construir navios cada vez maiores e por consequência, a busca á a ampliação das zonas portuárias, visando assim, receber estes ‘gigantes’ da tecnologia moderna. Consequentemente, em decorrência de tal fato, os portos instalados próximos as regiões costeiras ou estuarinas, passam a sofrer uma grande pressão do mercado internacional para a sua adequação à nova realidade do transporte marítimo. Os impactos ambientais nessas regiões, são visíveis, a literatura especializada sobre o tema já relata a presença de animais exóticos introduzidos no ecossistema marinho devido liberação da água de lastro ou incrustados nos cascos das embarcações, dragagens constantes, construções de guias correntes e espigões próximo a foz dos rios e ao longo dos estuários. Muitas das obras ou intervenções de engenharia na zona costeira, são necessárias, visando mitigar os problemas ambientais causados pelo intenso tráfego de embarcações de bandeiras internacionais nas águas territoriais.

A erosão costeira é outro problema ambiental extremamente sério e bastante discutido na comunidade científica. Este é um fenômeno que afeta grande parte das praias no mundo e ocorre quando a taxa de remoção de sedimentos é maior que a taxa de deposição. O problema da erosão resulta de um conflito entre um processo natural, o recuo da linha da costa e a atividade humana e seu uso do solo na zona costeira. A erosão costeira, pode ainda ser associada a subida relativa do nível do mar, no entanto, com a eminente intervenção do homem sobre a zona litorânea (deficiência de sedimentos, desmantelamento de dunas e a assimetria na distribuição de sedimentos devido à ação de esporões), os processos erosivos tendem a ser potencializados, ocasionando mudança muitas vezes irreversíveis ao longo de toda a faixa litorânea (Figura 1).

Figura 1 – Erosão costeira



Fonte: Siqueira (2014).

O litoral do Nordeste do Brasil, apresenta uma paisagem cênica de rara beleza, além de águas calmas e quentes durante praticamente todo o ano, o que favorece a atividade turística durante um longo período. Sendo bastante procurado por moradores da região, turistas brasileiros e também por estrangeiros. Atualmente, existem diferentes pontos de erosão costeira nas principais praias das cidades litorâneas. Nessas praias o avanço do mar tem provocado à destruição de obras públicas e privadas, tais como calçadões, muros de contenção, tubulações de drenagens, casas entre outras construções. No intuito de defender os patrimônios, diversas estruturas de proteção costeira estão sendo erguidas ao longo litoral do Nordeste, visando a manutenção do patrimônio público e privado (Figuras 2 e 3). Contudo, a eficiência e eficácia das intervenções é bastante discutida e controversa.

Figura 2 – Obra de proteção costeira (enrocamento) arrumado de pedras na praia de Ponta Negra, Natal/RN



Fonte: Régis (2013).

Figura 3 – Destruição de uma rua à beira-mar em Barra de Santo Antônio – PE



Foto: Adeylan Santos

Fonte: Santos (2010).

O avanço do mar nas regiões litorâneas do Nordeste vem aumentando no decorrer dos anos, cerca de 60% das praias nordestina estão sofrendo com a erosão, gerando prejuízos para quem vive do comércio na região. Nunes (2011) afirma que por esses fatores os estudos sobre as causas da erosão costeira e os tipos de proteção utilizados para defender a costa são de extrema importância para a engenharia.

A preocupação com a zona costeira cresce cada vez mais por se tratar de uma área naturalmente frágil, que vem sofrendo muita pressão por parte de vários setores, que ocupam desordenadamente este espaço, sem se preocupar com a conservação da natureza (NUNES, 2011).

De acordo com Silva (2015, p. 11):

A análise e identificação da erosão costeira deve considerar, ainda, a identificação do surgimento de um ciclo de alterações, cujos principais impactos se fazem sentir nas esferas, ambiental, social e econômica, com causas e efeitos contínuos e interligados, tais como:

- a) Desequilíbrio ecológico;
- b) Perda das estruturas naturais da praia (dunas, falésias, etc.);
- c) Diminuição do valor paisagístico da área;
- d) Perda dos espaços públicos de lazer;
- e) Construções mais vulneráveis;
- f) Destruição de patrimônio público e privado;
- g) Desvalorização imobiliária;
- h) Diminuição das atividades turísticas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

O presente estudo tem como objetivo analisar a eficácia de uma estrutura de engenharia do tipo enrocamento, tomando-se por base projeto executivo da obra.

1.3.2 Específicos

- Analisar a estabilidade física da estrutura de engenharia (enrocamento) da Praia do Meio;
- Analisar a eficácia da estrutura de proteção costeira existente na praia supracitada;
- Avaliar se o tipo de enrocamento instalado aderente ao calçadão da Praia do Meio foi a opção mais adequadas para a região.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, algumas estratégias de pesquisa foram adotadas visando identificar os diferentes tipos de estruturas de proteção costeira e a sua estabilidade física, tais como:

Fase 1: Conceitual Teórico

Inicialmente, foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre o fenômeno da erosão costeira e os diferentes tipos de estruturas de proteção à linha costa, com aprofundamento na estrutura tipo enrocamento.

Fase 2: Estudo de Caso

Visando-se conhecer o comportamento morfodinâmico de cada trecho da praia aonde a obra de enrocamento foi executada, foi realizado uma análise dos principais aspectos meteoceanográficos, bem como, dos perfis de praia e da morfologia da linha de costa, por meio de uma comparação dos dados de campo existentes.

Fase 3: Interpretação dos Dados de Campo

A etapa final deste estudo, consiste na integralização das observações de campo com os dados existentes na literatura e as informações técnicas apresentadas no Projeto Executivo da Obra. Sendo estes fornecidos pelo engenheiro Henrique Pinto Silva, funcionário da Secretaria Municipal de Obras (SEMOB) do município de Natal/RN.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura científica, que serviu de base para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 ZONA COSTEIRA NO BRASIL

Treze capitais brasileiras situam-se à beira-mar. Também na Zona Costeira (ZC) encontram-se doze regiões metropolitanas que, no período de 1996 a 2000, apresentaram elevadas taxas de crescimento populacional variando entre 1,68% ao ano no (Rio de Janeiro - RJ), até 4,85% ao ano em (Belém - PA). Para Souza (2009) as atividades econômicas são responsáveis por cerca de 70% do PIB nacional, sendo as mais importantes associadas aos setores portuário, turístico e petroquímico.

A delimitação terrestre da ZC brasileira se deu principalmente em função de limites político-administrativos (limites municipais) e, em segundo plano, do limite de bacias hidrográficas (SOUZA, 2009).

No Brasil, são escassos os instrumentos legais ambientais que tratam especificamente das praias, o que favorece em muito os usos irregulares e inadequados desses ambientes (SOUZA, 2009).

Há conhecimento da importância do uso do solo influenciando os processos de erosão costeira, principalmente quando há comprometimento da pós-praia e das dunas e a implantação de estruturas rígidas na linha de costa (SOUZA, 2009). As iniciativas para a “recuperação” das praias são principalmente locais (nível municipal) e movidas por situações de crise, predominando a construção de obras costeiras rígidas (SOUZA, 2009).

Em relação ao nível de conhecimento disponível sobre a erosão costeira, os principais desafios e necessidades para o Brasil são, a realização de estudos para identificação de indicadores de erosão costeira e estabelecimento de uma rede nacional de monitoramento ambiental, avaliação de risco e de vulnerabilidade de pessoas/bens/ecossistemas à erosão costeira, em níveis estadual e municipal, mas com diretrizes estabelecidas no âmbito do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). Indicam que a realização de monitoramentos meteorológicos e climáticos nos 17 estados, em escala compatível com os estudos de erosão costeira. Criação de um banco de

dados praias (dados sedimentológicos, geomorfológicos, clima de ondas, nível médio do mar, etc.), nacional e georreferenciado, que deverá incluir os dados já existentes e os novos levantamentos (perfis de praia). Criação de um banco de dados batimétricos, nacional e georreferenciado, a partir da digitalização de cartas náuticas e folhas de bordo da Diretoria de Hidrografia e Navegação. Criação de um banco nacional e georreferenciado de dados sedimentológicos da plataforma continental interna, em escala compatível com os estudos de erosão costeira, fomento a estudos sedimentológicos na plataforma continental interna em áreas ainda desprovidas de dados, em escala estadual. Realização de estudos de balanço sedimentar da ZC (entradas e saídas de sedimentos através do continente, das praias e da plataforma continental interna), principalmente nas regiões com praias críticas. Realização de estudos de caso nas principais obras de engenharia costeira (obras de proteção, estruturas de apoio náutico e obras portuárias) já implantadas no país, para identificação dos impactos gerados, dos sucessos e insucessos e comparações entre os casos. Realização de estudos e estabelecimento de medidas efetivas que visem à recuperação das praias críticas e/ou à mitigação da erosão costeira. Identificação de fontes de sedimentos para obras de alimentação artificial de praias críticas, priorizando esse tipo de mediada de recuperação. Realização de estudos visando ao estabelecimento legal de zonas de proteção da praia. Estabelecimento de medidas de gestão da orla, com indicações de ações para curto, médio e longo prazos, baseadas em estudos de erosão costeira e nas previsões de elevação do NM (SOUZA, 2009, p. 28).

3.2 DINÂMICA COSTEIRA: **erosão e acréscimo de costa**

A zona costeira vive em bastante transformação ao longo do tempo, podendo ocorrer variações perceptíveis em diversas escalas de tempo, desde horas até séculos (SILVA, 2015).

De acordo com Silva (2015) são diversos os fenômenos que podem contribuir para a dinâmica costeira. Como principais tem-se: as mudanças eustáticas do nível do mar, o transporte de sedimentos, tempestades e a presença do homem nestas áreas podem acelerar ainda mais os processos dinâmicos. Segundo Silva (2015), devido a esses fenômenos, a linha de costa muda constantemente suas feições.

De acordo com Silva (2015), a dinâmica costeira compreende basicamente dois processos: o acréscimo e o recuo da costa, onde. A) onde o acréscimo ocorre quando a faixa de praia começa a avançar em direção ao oceano, devido a maior

chegada de sedimentos adivinhos das correntes marinhas em relação a retirada dos mesmos. B) se a faixa de praia estiver sofrendo um recuo em direção ao continente significa que está havendo uma maior retirada de material da praia, este processo também é conhecido como erosão costeira, o recuo da linha de costa em direção ao continente.

Normalmente os processos de erosão causam um maior impacto, principalmente em áreas com uma densa ocupação do homem. Desta forma, com recuo da linha de costa, ocorre também a destruição de edificações e empreendimentos adjacentes a área erodida. Em áreas propícias a erosão os riscos de desastre são bem maiores de que em áreas que ocorre o acréscimo ou onde a deposição e a saída de material ocorre de forma balanceada (acréscimo aproximadamente igual a retirada). Diversas tentativas estruturais são feitas para minimizar o impacto erosivo. Dentre algumas encontram-se os espigões, os quebra-mares, engordamento ou alimentação artificial das praias, paredões, enrocamentos (obras longitudinais aderentes), plantio de vegetação e etc (SILVA, 2015). Medidas estruturais também são adotadas, como a limitação de áreas não edificáveis, mais muitas vezes esses limites não são respeitados pelo homem que tende a cada vez mais a ocupar espaços na região costeira.

Segundo Silva (2015), a forma com a qual a erosão irá atuar em determinada linha de costa é regida pela localização, configuração, orientação e profundidade dessa região. O material que forma a encosta, juntamente com seu grau de exposição ajudará a determinar se ventos, ondas e precipitação afetarão a linha de costa. Desta forma, observa-se que não se pode induzir uma medida estrutural em determinada área com o intuito de minimizar o recuo da linha de costa sem antes analisar as condições características locais. Em muitos casos algumas medidas adotadas podem piorar a situação, acelerando o processo dinâmico (erosão ou acréscimo) em áreas adjacentes ou até na mesma área. Segundo Alfredini (2014), há pouco tempo atrás a maioria das obras costeiras era feita por tentativas, sem muita certeza das quais consequências negativas elas iriam acarretar.

De acordo com Alfredini (2014), as características regionais, em parte, determinam o potencial de riscos à erosão. A latitude, por exemplo, irá determinar alguns fatores climáticos e oceanográficos, tais como: ventos e padrões de ondas, correntes, susceptibilidade a furacões ou tempestades.

Além de descrever as características da região (localização, geologia,

geomorfologia, dados oceanográficos e de ventos, dentre outros), com o intuito de avaliar o tipo e a causa dos processos dinâmicos atuantes no local, é necessário analisar como se comporta a dinâmica local, que tipo de processo está ocorrendo na área de interesse – acréscimo da costa, recuo, nenhum e quais os fatores determinantes deste processo (SILVA, 2015).

Com base nestes dados e em informações sobre os possíveis causadores do processo dinâmico, pode-se estimar a melhor alternativa a ser adotada para minimizar os danos, ou optar por não adotar medida alguma.

3.2.1 Fatores que influenciam o processo erosivo na Praia do Meio

Para Silva (2015) a Região Nordeste é sensível à erosão costeira devido baixo volume de sedimentos trazidos pelos rios que deságuam na costa. Segundo Silva (2015) a um regime de ventos e ondas praticamente unidirecional o componente de vento direcionado predominantemente do mar para a costa, responsável pela construção das dunas.

Percebe-se que grande parte das praias do litoral brasileiro e nordestino são palcos de grandes empreendimentos, como hotéis luxuosos, condomínios, pousadas, restaurantes, dentre outros (SILVA, 2015). Devido à importância econômica das praias para a economia de muitas cidades, estas têm sido ocupadas de forma desordenada e, conseqüentemente, são afetadas pelos processos de erosão costeira (SILVA, 2015).

De acordo com Silva (2015) registros atuais de erosão costeira estão presentes em muitos trechos do litoral norte-rio-grandense. As principais causas e fatores da erosão costeira, observados no estudo supracitado, estariam principalmente relacionados a dinâmica da circulação costeira, evolução holocênica da planície costeira, suprimento sedimentar ineficiente, construção de estruturas de concreto perpendiculares a linha de costa na zona de praia, e fatores tectônicos.

Sobre a dinâmica da circulação costeira, Silva (2015) descreve que a presença de linhas de rochas praias intermitentes e paralelas à praia, se comportam como “barreiras” e modificam a energia de onda gerando enseadas, com deposição nas áreas abrigadas pelas rochas praias, e acentuada erosão nas áreas de interrupção destas rochas, caso este que se apropria à Praia do Meio.

Sobre a evolução holocênica da planície costeira, Silva (2015) elenca que

existe intensa deriva litorânea unidirecional associada a um balanço sedimentar negativo e a perda de sedimentos para o continente com a formação dos campos dunares e esporões arenosos.

De acordo com o autor Op. cit., o suprimento sedimentar torna-se ineficiente quando os rios que drenam a região são de pequeno porte não contribuindo com sedimentos em quantidades significativas; além disso, os rios mais expressivos que drenam a região (p. ex. rio Açu) estão represados, impedindo assim os sedimentos de atingirem o oceano o que gera acentuada erosão.

Outro fator que corrobora para a modificação da zona costeira, é a construção de estruturas de concreto perpendiculares à linha de costa ao longo da zona de praia. Essas estruturas interferem diretamente no transporte de sedimentos pela deriva litorânea, alterando o balanço sedimentar e acentuando o processo erosivo nas áreas contíguas. Para Silva (2015) após a implantação dos espigões da Praia de Areia Preta, o processo de erosão da Praia do Meio foi intensificado, uma vez que os sedimentos que chegavam até esta praia passaram a ter seu destino interrompido.

Além dos elementos anteriormente citados, pode-se afirmar que no estado do RN, fatores geológicos como a tectônica também é um fator determinante na erosão costeira (SILVA, 2015).

Para Silva (2015) no litoral setentrional as feições de fundo na plataforma, são fortemente condicionadas pela estruturação tectônica, também são responsáveis pelo trapeamento de sedimentos em locais específicos, gerando zonas de erosão acentuada na costa.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO ÁREA

Segundo Silva (2015), a zona costeira do Nordeste do Brasil se estende desde a Baía de São Marcos até a Baía de Todos dos Santos. Esta zona esta subdividida em dois grandes compartimentos: a Costa Semiárida, que se situa à noroeste do Cabo Calcanhar (Estado do Rio Grande do Norte - RN), e a Costa Nordeste Oriental, que vai do Cabo Calcanhar até a Baía de Todos os Santos (Estado da Bahia).

A Costa Semiárida que se estende desde a Ponta de Itapagé (leste do Rio Acaraú) no Estado do Ceará, até o Cabo Calcanhar, no Estado do Rio Grande do Norte, apresenta direção noroeste-sudeste até as proximidades do

município de Macau (RN). Neste ponto toma a direção oeste–leste até o Cabo Calcanhar, quando finalmente inflete para norte-nordeste – sul-sudeste. Nesta região as planícies costeiras são quase inexistentes, em razão, sobretudo, da presença de tabuleiros e arenitos de praia naturais. Observa-se ainda nesta região grandes campos de dunas móveis e fixas (SILVA, 2015).

A Costa Nordeste Oriental se estende desde o Cabo Calcanhar (RN) até o Porto das Pedras (AL), abrangendo parte do litoral do Estado do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. O clima predominante nesta zona costeira é mais úmido que na Costa Semiárida (SILVA, 2015).

O Estado do Rio Grande do Norte possui uma superfície de 52.811 km², com uma população de aproximadamente 3,2 milhões de habitantes, dos quais aproximadamente 70% vivem em áreas urbanas. A densidade populacional é de 59,99 habitantes por km², distribuídos em 167 municípios. Já a faixa litorânea possui uma superfície de 6.606 km². A população nesta região é de 1.337.387 habitantes (SILVA, 2015). A zona sedimentar costeira do Estado do Rio Grande do Norte perfaz uma extensão de 410 km de costa, constituída predominantemente por praias arenosas (72%) e falésias ativas da Formação Barreiras (26%), sendo em geral subdividida em dois setores distintos, em função da direção preferencial da linha de costa: O Litoral Oriental, de direção Norte-Sul, e o Litoral Setentrional, de direção Este-Oeste. Geomorfologicamente, a planície, os tabuleiros costeiros, rochas praias e os campos de dunas são os elementos de relevo predominantes em todo o litoral (VITAL *et al.*, 2005, p. 157).

Natal, capital do estado, é uma cidade costeira localizada na área intertropical do hemisfério sul e próxima à linha do equador (latitude 05°45'54" S e longitude 36°12'05" O), se situa no litoral oriental e conta aproximadamente com 25 km de extensão de costa (SOUZA, 2009), com uma densidade demográfica de 202,43 habitantes por km².

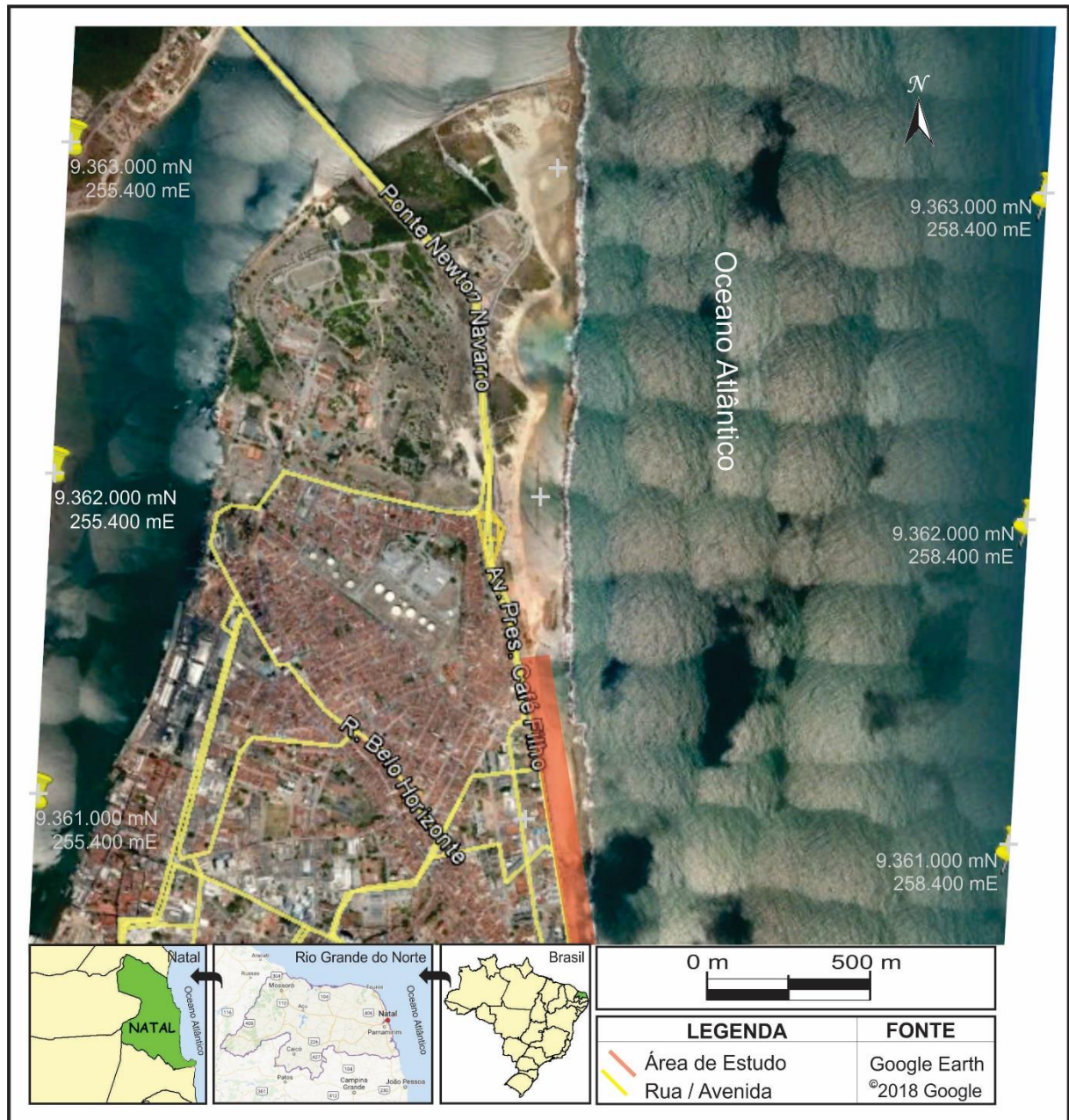
3.3.1 Localização da área de estudo

A área de intervenção proposta neste estudo corresponde à Praia do Meio, localizada no bairro de mesmo nome, limitada ao norte pelas coordenadas 256820.75 E / 9361986.94 S, e ao sul pelas coordenadas 256980 E / 9361272 S (Figura 4).

O bairro de Praia do Meio está inserido na zona administrativa leste, ocupando uma área de 48,93 hectares e abrigando uma população residente de 4.770 habitantes (SILVA, 2015). Esta área limita-se ao norte com Santo Reis, ao sul com Areia Preta, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com o bairro das Rocas.

Segundo Silva (2015), o bairro adquiriu o nome praia do Meio em virtude da construção, em 1912, da primeira casa, na então Avenida Beira-Mar, de propriedade do tipógrafo Manuel Joaquim de Oliveira. A localização dessa casa ficava no “meio” da Avenida, entre o Espaço dos Morcegos e Areia Preta, em virtude disso, é que se denominou de Praia do Meio sendo, o Oficial Luis Cândido de Oliveira quem propôs tal nome para essa praia.

Figura 4 – Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth editado (2018).

A Praia do Meio possui grande referência para o turismo da cidade, tendo em vista ter sido nela em que, na década de 1960, a cidade do Natal dá seus primeiros passos nesse rumo, tendo como marco inicial a construção do Hotel Internacional dos Reis Magos, considerado na época o único estabelecimento apropriado para a hospedagem de turistas, posto que, durante muito tempo pertenceu ao Grande Hotel, na Ribeira (SILVA, 2015).

De acordo com dados divulgados por (SILVA, 2015), no que se refere à

infraestrutura urbana, o bairro possui 95% de sua área com drenagem e pavimentação e dispõe de coleta de 99% do lixo produzido.

O bairro apresenta atividade comercial acentuada e prestação de serviços, que nessa área se destacam através dos empreendimentos destinados a restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas. Ressaltando-se que a maior parte desses empreendimentos existe em razão da exploração dos atrativos naturais existentes no bairro, sobretudo a praia.

3.3.2 Caracterização fisiográfica da área de estudo

A Praia do Meio situa-se no litoral Nordeste do Brasil e estão inseridas no macro compartimento Costa do Tabuleiro Norte, no qual se registra a existência de depósitos Terciários denominados Tabuleiros da Formação Barreiras. Essa formação de Tabuleiros é coberta por depósitos arenosos Quaternários até atingir a costa, quando se apresenta como falésias. Após as falésias, observa-se o prisma praial, o qual possui uma largura que varia ao longo da área analisada, e limita-se em alguns trechos com a presença de arenitos (MUEHE, 2006).

3.3.2.1 Geologia

A geologia da área é caracterizada pelos depósitos Tércio-quaternários da Formação Barreiras. Tal formação é encontrada numa grande faixa do litoral brasileiro e é recoberta por sedimentos eólicos recentes. Cunha (2004) caracteriza essa formação declarando que a mesma é constituída por camadas e lentes de depósitos clásticos, os quais têm granulometria que varia entre seixos quartzosos e areias arcólicas e argilas caulínicas, pouco consolidadas e de cores avermelhadas, alaranjadas e esbranquiçadas.

Na região costeira de Natal, esta sequência está representada morfológicamente por formações tabulares semi-planas, que geralmente terminam abruptamente em paredes nas margens do estuário do Potengi e formam falésias nas praias. Estas formações estão em muitos lugares ocultas por dunas e aluviões.

De acordo com Silva (2015) os tabuleiros costeiros são caracterizados por uma morfologia que pode variar de plana a suavemente ondulada, com uma topografia entre 40 e 120 metros de altitude. Essa unidade morfológica também se caracteriza

por ser dissecada por uma rede de drenagem paralela a semiparalela de direções SW-NE e NW-SE, sendo relacionada à estrutura tectônica do embasamento.

Quando a formação tabular chega à vertente costeira, apresenta-se como falésias, as quais consistem em conglomerados de arenitos incrustados de grãos e grânulos angulosos de quartzo, que são firmemente cimentados por hidróxido de ferro.

A circulação oceânica da região é dominada pelas ramificações da corrente sul-equatorial: a Norte Brasileira, deslocando-se para norte e oeste ao longo da costa, com 1 a 2 nós de velocidade, a ramificação sul, a Corrente do Brasil, deslocando-se em direção ao sul com 0,5 nós, menos em época de inverno, quando surge uma componente contrária deslocando-se na direção norte.

As águas da plataforma são moderadamente salinas (36% a 37%) com temperaturas superficiais, variando de 27° a 29° no verão e de 25° a 27° no inverno.

3.3.2.2. Geomorfologia

A área de estudo apresenta dunas, tabuleiros costeiros, arenitos praias, planícies praias e promontórios rochosos (arenitos praias e arenitos ferruginosos).

De acordo com Silva (2015), a planície, os tabuleiros costeiros e os campos de dunas são os elementos de relevo predominantes em todo o litoral, sobretudo na Praia do Meio, local de intervenção. Uma característica marcante desta praia é a presença de linhas de arenitos praias (*beachrocks*), aproximadamente paralelas a linha de costa, e que exercem forte interferência no comportamento da costa, uma vez que alteram o padrão de arrebentação das ondas.

Muehe (2006) descreve em seus estudos, que a largura das planícies costeiras do Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil é comumente estreita, sendo limitada pelo mar e pela escarpa dos depósitos sedimentares da Formação Barreiras.

A região da Praia do Meio é constituída por um material sedimentar, inconsolidado, de composição predominantemente quartzoso e de granulometria arenosa. A morfologia do terreno apresenta uma baixa declividade, com inclinação da ordem 6-7°. A faixa de praia em toda a sua extensão se encontra limitada pela presença de um muro de arrimo que deu sustentação ao calçadão e toda a infraestrutura viária da orla (SILVA, 2015).

3.3.2.2.1. *Tabuleiro Costeiro*

De acordo com Silva (2015) os tabuleiros costeiros são caracterizados por uma morfologia que pode variar de plana a suavemente ondulada, com uma topografia entre 40 e 120 metros de altitude. Essa unidade morfológica também se caracteriza por ser dissecada por uma rede de drenagem paralela a semiparalela de direções SW-NE e NW-SE, sendo relacionada à estrutura tectônica do embasamento.

Quando a formação tabular chega à vertente costeira, apresenta-se como falésias, as quais consistem em conglomerados de arenitos incrustados de grãos e grânulos angulosos de quartzo, que são firmemente cimentados por hidróxido de ferro. Silva (2015) define falésia como “uma escarpa costeira abrupta não coberta por vegetação que se localiza na linha de contato entre a terra e o mar”. Essa mesma autora acrescenta que a falésia se origina por causa da ação erosiva do mar, que por meio da dinâmica das ondas, provocam o solapamento da base da falésia, sendo esse último processo responsável pelo surgimento de grutas de abrasão.

3.3.2.2.2 *Dunas*

As dunas cobrem praticamente toda a cidade de Natal, apesar de em grande parte serem ocupadas pela área urbana natalense. As dunas são compostas, principalmente, de areias quartzosas bem selecionadas e com granulometria arredondada. As feições dunares recobrem a Formação Barreiras e capeiam sedimentos recentes. No que diz respeito à morfologia das dunas, pode-se afirmar que existe um predomínio de dunas parabólicas. Entretanto, há também dunas que apresentam um progressivo estiramento, o que pode gerar uma transição para a morfologia longitudinal. Os sedimentos constituintes das dunas são oriundos da Formação Barreiras e do transporte de sedimentos da Plataforma Continental (FRAZÃO, 2003).

O extremo norte da Praia do Meio caracteriza-se pela presença do início da formação das dunas que se estendem para a Praia do Forte.

3.3.2.2.3 *Arenitos de Praia (Beachrocks)*

De acordo com Silva (2015), praticamente em toda a extensão da Praia do

Meio é possível observar uma estreita faixa de rochas sedimentares, classificadas como arenitos praias, que se encontram dispostas paralelamente a linha de costa atual, e são consideradas como um marcador de uma linha de costa. A sua presença é marcante em praticamente toda a porção emersa como também submersa da referida praia, apresentando formas irregulares, com superfícies entalhadas, fortemente litificados por processos diagenéticos, devido à concentração de Carbonato de Cálcio (CaCO_3), por vezes, também são óxido de ferro e material argiloso, que é utilizado como matriz-cimento nas áreas de contato com o mar.

3.3.2.3 Clima

O clima é fator essencial para o conhecimento das características meteorológicas para a compreensão e análise dos processos e comportamento da dinâmica costeira. Agindo direta ou indiretamente tais características contribuem para a modificação da morfologia e fisiografia litorânea.

A cidade está situada numa zona de transição entre os tipos climáticos As' quente e úmido, devido à elevada precipitação que o caracteriza, e BSh – semiárido quente, devido à forte evaporação, segundo a classificação de Köppen (NASCIMENTO, 2009).

Em razão do clima a região apresenta duas estações bem definidas sendo uma seca (meses de setembro a fevereiro) e outra chuvosa (meses de março a agosto). Pode se dizer que a região apresenta um regime térmico relativamente uniforme com temperaturas elevadas ao longo de todo o ano. Tais características são atribuídas a grande quantidade de radiação solar incidente sob a superfície terrestre, associada às altas taxas de nebulosidade (SILVA, 2015).

De acordo com Cunha (2004), as alterações anuais do clima estão relacionadas ao movimento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), já que, de acordo com sua posição e seu tempo de permanência sobre a região, pode provocar anos com pluviosidade excessiva ou anos com estiagem bastante prolongada.

3.3.2.4 Temperatura

De acordo com Silva (2015):

A temperatura apresenta aproximadamente um valor médio anual de 25,4°C sendo a máxima 30,2°C e a mínima 21,8°C. A umidade relativa do ar é pouco variável se comparada a outras localidades do Nordeste, apresentando uma média anual de 79,3 %, com média mensal mínima de 74,0% no mês de novembro e máxima de 84,0% nos meses de maio, junho e julho. Na região Nordeste, elevados valores de umidade relativa associados a uma pequena variação ao longo do ano são característicos de locais próximos ao litoral, uma vez que mesmo em períodos com baixa pluviosidade, a umidade relativa do ar se mantém elevada em função da proximidade com os oceanos.

4.3.2.5 Umidade relativa do ar

A média mensal de umidade relativa do ar varia de 75,13%, em outubro, a 82,94%, em maio. Os menores valores ocorrem, portanto, em épocas de temperaturas mais altas e os maiores valores nos períodos de temperaturas mais baixas (SILVA, 2015).

3.3.2.6 Pluviometria

O ciclo anual de precipitação caracteriza-se por dois períodos distintos, um período chuvoso de abril a agosto e um período seco que vai de setembro a fevereiro. De acordo com os dados da estação climatológica da UFRN no período de 1984 a 2010, a precipitação pluviométrica anual máxima aponta uma média de 350 mm que ocorre no mês de junho, alcançando uma média anual de aproximadamente 1.250,0 mm/ano.

3.3.2.7 Vegetação

A vegetação caracteriza-se predominantemente por restinga, que responde em grande parte pela cobertura das dunas fixas, sendo um complexo heterogêneo, sem tipos próprios de vegetação, isto é, com tipos recebidos de outras comunidades. É caracterizada como uma flora cosmopolita tropical, halófito e xerófito, e flora atlântica sobre areias recentes (NASCIMENTO, 2009). É adaptada à exposição contínua, a uma intensa radiação solar, a solos pobres em nutrientes e que, muitas

vezes, estão sujeitas as ações antrópicas como pisoteio, corte e queimadas.

Em Natal, a restinga recebe influência da Mata Atlântica e da Caatinga, além de alguma influência do Cerrado, caracterizado na vegetação de tabuleiro (campo cerrado) que se encontra sobre a Formação Barreiras (solos derivados de rochas sedimentares depositadas no período Terciário e geralmente com alto teor de argilas) (IDEMA, 2008).

De acordo com Cunha (2004), a vegetação do litoral de Natal possui três estratos, que apresentam as espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas. Tal vegetação pode ser denominada de formação secundária, já que a original composta por matas foi destruída com a ocupação humana, que visava à extração de madeiras e atividades agrícolas. Dessa forma, a cobertura vegetal original foi sendo substituída por consecutivas culturas. A vegetação atual é composta por plantas cultivadas com uma pequena regeneração da vegetação natural e, pode ser subdividida em nativa e antrópica.

Essa vegetação existente, composta em sua maioria por vegetação antrópica é verificada em algumas áreas a conservação da vegetação natural podendo ser citada as seguintes: Parque das Dunas, Parque da Cidade, região de Lagoinha, entorno do Morro do Careca e margens do Rio Potengi, todas constituem-se em Zonas de Proteção Ambiental (ZPA), conforme Plano Diretor do município.

3.3.2.8 Recursos Hídricos

Os mais expressivos cursos d'água superficiais da cidade do Natal são: o estuário do Potengi e o rio Pitimbu. Além desses, o município encontra-se assentado sobre os aquíferos subterrâneos: Dunas e Barreiras, os quais formam um sistema hidráulico único e complexo que, em geral, comporta-se como livre apresentando alguns trechos de semiconfinamento. A recarga destes aquíferos fica a cargo de chuvas bem distribuídas temporalmente e efluentes líquidos gerados pela população local.

Em se tratando da hidrologia da área do Município de Natal, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (NASCIMENTO, 2009) definiu que as seguintes bacias hidrográficas seriam responsáveis pela drenagem presente na região: Bacia do Rio Doce, do Rio Pitimbu, do Rio Potengi, além da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso.

4.3.2.9. Ventos

Os ventos apresentam maior intensidade entre os meses de agosto a novembro e intensidade mais baixa nos meses de março a julho, atingindo dessa forma um valor máximo de 5,1m/s nos meses de setembro a outubro e um valor mínimo de 3,7m/s no mês de março.

Em geral, as direções dos ventos para a cidade do Natal, se situam no quadrante sudeste, soprando predominantemente no sentido este-sudeste de dezembro a janeiro, sudeste-este nos meses de fevereiro a abril e de setembro a novembro e sudeste-sul entre os meses de maio a agosto (NASCIMENTO, 2009).

3.3.2.10 Oceanografia

A modelagem do litoral do norte-rio-grandense esteve sempre subordinada a um controle tectônico mais acentuado, associado a um regime climático gerador de um padrão de ventos e ondas praticamente unidirecionais, do quadrante SE, e transporte litorâneo de sul para norte (DINIZ e DOMINGUES, 1999).

A plataforma continental no trecho em frente à Natal apresenta a quebra entre 50 e 100 m de profundidade, localizada a aproximadamente 25 km da costa. Os sedimentos que recobrem essa porção da plataforma continental do RN são de origem terrígena até cerca de 20 m e carbonáticos a partir de então, prosseguindo até o talude continental (VITAL *et al.*, 2005).

O principal rio do litoral oriental do RN é o rio Potengi, que corta a cidade de Natal. Na zona costeira submersa e adjacente à área de estudo ocorrem algumas feições que podem influenciar na propagação das ondas e no sistema de correntes da região, como a irregularidade na quebra da plataforma provocada pelo cânion submerso do rio Potengi e o promontório subjacente ao Morro do Careca.

3.3.2.10.1 Ondas

Realizou a caracterização das ondas baseado nos registros e relatórios fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH) e HIDROCONSULT S.A. Os dados são da estação ondográfica Leste – Reis Magos medidos por um período de 2 anos (1998-1999). As características das ondas para o período em questão apontam 2 tipos de ondas: *sea* e *swell* apresentando uma altura significativa com distribuição homogênea

caracterizada por uma função log normal ou Weibull = 1,9, uma altura média de 1,14m, moda de 1,10m e desvio padrão de 0,21m (CUNHA, 2004).

Maiores detalhes podem ser vistos a seguir:

A esbeltez da onda, definida pela relação H_o/L_o , e considerando os limites $H_o/L_o > 0,015$ (sea) e $H_o/L_o < 0,011$ (swell) definiu-se a frequência relativa dos tipos de ondas formadas. O resultado apresentou uma frequência relativa de 70% de ondas do tipo sea, formadas por influência dos campos de ventos local e frequência de 12% para ondas do tipo swell (ondulação), formadas em regiões mais afastadas da costa. Há ainda 19,22% correspondente a ondas com propriedades sea e swell que não puderam ser diferenciadas pelo método aplicado (SILVA, 2012).

As alturas significativas de ondas apresentam variações anuais e direcionais de 0,20m a 2,60m com período médio entre 4,8s e 10,8s. Ao longo do ano, observa-se uma alteração nas condições energéticas sendo de dezembro a maio o período de menor energia com alturas entre 0,40m e 1,60m e o de maior energia, entre junho e novembro, com alturas entre 0,40m e 2,60m.

O resultado apontou a distribuição direcional da altura significativa e do período médio para todo o intervalo de observações, divididos por intervalos angulares de 15 graus por trimestre (SILVA et al., 2013).

Tais informações nos ajuda a concluir que:

[...] sea é o tipo predominante de ondas sendo o regime controlado pelos campos de ventos regionais e coincidindo com a direção e padrão de variação ventos alísios. A altura significativa das ondas varia conforme as alterações de velocidade dos ventos em relação ao ciclo anual. No início do ano são verificadas as menores alturas associadas a velocidades mais baixas do vento e as maiores alturas, durante o período de junho a setembro, quando o vento sofre uma intensificação, devido à migração da zona de convergência intertropical para uma posição mais ao norte (CUNHA, 2004).

3.3.2.10.2 Correntes

Em estudos realizados por Hazin *et al.* (2008) para obtenção da intensidade da corrente marítima na plataforma continental do estado do Rio Grande do Norte, encontraram valores de intensidade da corrente variando entre 1,39 cm/s e 24,92 cm/s para medições realizadas no período seco – entre dezembro de 2001 e março de 2002. O valor médio obtido para a intensidade da corrente foi de 6,32 cm/s com direção predominante para noroeste durante o período de análise.

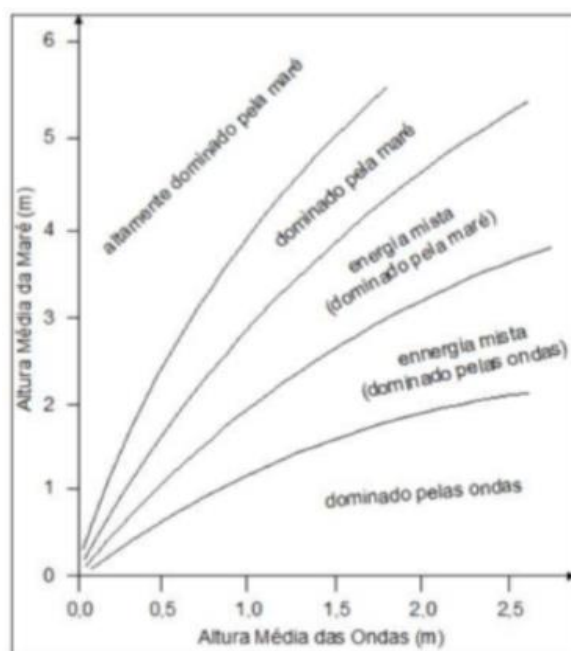
3.3.2.10.3 Marés

No que diz respeito às marés, Hazin *et al.* (2008), declara que as marés

podem ser classificadas em micro (< 2 m), meso (2 a 4 m) e macro (> 4 m).

Tomando como referência a análise do diagrama que classifica os ambientes costeiros a partir da relação entre as marés e as ondas (Figura 5), observa-se que a mesma é classificada como sendo de energia mista dominada pela maré com altura média de onda em torno de 1,0 metro e altura média da maré em torno de 2,0 metros.

Figura 5 – Diagrama de classificação de costas, baseado na importância relativa da altura de maré e da altura das ondas



Fonte: Compilado de Silva (2012).

Para o litoral do RN há dados sobre o nível do mar registrados para o Porto de Natal, onde se classifica o regime de maré como de mesomarés e semidiurnas, com amplitudes médias de marés de sizígia em torno de 2,2 m, enquanto que nas marés de quadratura a amplitude média de 1,1 m (Carta náutica DHN/MB, n.º 810 – Proximidades do Porto de Natal (NASCIMENTO, 2009).

3.3.2.11 Plataforma continental

A plataforma continental no trecho em frente à Natal apresenta a quebra entre 50 e 100 m de profundidade, localizada a aproximadamente 25 km da costa. Os sedimentos que recobrem essa porção da plataforma continental do RN são de origem terrígena até cerca de 20m e carbonáticos a partir de então, prosseguindo até o talude

continental (VITAL *et al.*, 2005). O principal rio do litoral oriental do RN é o rio Potengi, que corta a cidade de Natal. Na zona costeira submersa e adjacente à área de estudo ocorrem algumas feições que podem influenciar na propagação das ondas e no sistema de correntes da região, como a irregularidade na quebra da plataforma provocada pelo canhão submerso do rio Potengi e o promontório subjacente ao Morro do Careca.

3.3.2.12 Sedimentos

Registros atuais de erosão costeira estão presentes em muitos trechos do litoral no Rio Grande do Norte, com origem atribuída principalmente ao reduzido aporte fluvial de sedimentos, decorrentes das pequenas dimensões das bacias fluviais regionais, e a perda de sedimentos para o continente, com a formação dos campos de dunas (Vital *et al.*, 2005). A deriva litorânea, também tem um papel importante na distribuição de sedimentos ao longo dessa faixa costeira.

De acordo com Silva (2015), as areias grossas estão mais presentes nas praias ao sul, ou seja, Mãe Luíza e Areia Preta, associadas às rochas da Formação Barreiras, enquanto as areias finas e muito finas predominam nas praias do Meio e do Forte.

O coeficiente de seleção apresenta pouca variação em maior proporção, as areias moderadamente selecionadas. Em alguns pontos específicos, as areias bem selecionadas, principalmente nos sedimentos da parte superior da praia, indicando uma menor energia da maré ou a influência da melhor capacidade de seleção do transporte eólico.

Em relação aos componentes secundários, as areias apresentam um conteúdo médio de 5% de carbonato de cálcio, denotado pela presença de fragmentos de conchas e de algas calcárias, abundantes na plataforma continental. O conteúdo de minerais pesados varia entre 4 e 10%, com predominância de limonita e hematita.

A partir dos mesmos resultados do transporte transversal e considerando as duas associações de minerais pesados característicos de cada ambiente (zona emergida e plataforma), foi observado que a Formação Barreiras é a principal fonte de material para as praias e que estas podem ser a fonte para a plataforma. O movimento inverso é muito pouco provável, ou seja, a plataforma não é fonte para os sedimentos das praias. Esta conclusão é reforçada pelo conteúdo de carbonatos, que

na plataforma interna é da ordem de 20%, enquanto que na praia é por volta de 5%.

Localmente, na Praia do Meio, além da linha alongada dos recifes, é encontrado um corpo de arenito mais interno, constituído por areias bem selecionadas de coloração creme com estratificações plano-paralelas e alguns níveis de minerais pesados.

4 OBRAS DE DEFESA DOS LITORAIS

4.1 OBRAS PESADAS

De acordo com Nascimento (2009), as obras pesadas de engenharia costeira que são implantadas para cessar ao recuo da linha de costa (que, como se referiu, é induzido pela elevação do nível do mar, pela diminuição do abastecimento sedimentar, pelas ações degradativas antrópicas do litoral e pelos molhes dos portos) funcionam, em geral, como indutores suplementares de intensa erosão costeira. Consequentemente, são também grandes responsáveis pelo recuo acelerado da linha de costa.

Apesar do nome por que são conhecidas, as obras de proteção costeira não têm como objetivo, regra geral, proteger o litoral. Normalmente, tais obras são construídas para proteger a propriedade, pública ou privada. São, fundamentalmente, obras de "curativo" realizadas, em geral, com caráter de urgência, isto é, que pretendem eliminar ou mitigar localmente uma "doença": a erosão costeira que ameaça ou começa a danificar propriedades mal localizadas.

4.2 ESTRUTURAS TRANSVERSAIS

As Estruturas Transversais são as obras projetadas transversalmente à linha de costa, este tipo intervenção, cortam à deriva litorânea, aprisionando ou erodindo os sedimentos. Em geral, os sedimentos localizados a montante dos esporões (relativamente ao sentido da deriva litoral), tendem a ficar acumulados (depositados) na base da estrutura. Entretanto, nas áreas situadas a jusante do esporão predominam a erosão. A acumulação dos sedimentos depende de vários fatores, nomeadamente do comprimento e da altura da estrutura, e das características da

deriva litoral. Devido a esta retenção de areias verifica-se, por via de regra, propagação e incremento da erosão na zona a jusante da obra, fazendo-se sentir significativamente estes efeitos (NASCIMENTO, 2009).

De acordo com Nascimento (2009), como consequência, verifica-se tendência para estas estruturas se multiplicarem, afetando maiores extensões, só terminando quando todo esse setor do litoral estiver intervencionado. Existem no Brasil, alguns bons exemplos do que se afirmou. Quando os esporões ficam colmatados, isto é, quando a parte a montante fica completamente preenchida com areia, os volumes interessados na deriva litoral no setor jusante não são geralmente restabelecidos, pois que, devido à forma da nova linha de costa imposta pelo esporão, as correntes de deriva são defletidas para o largo, verificando-se deposição de areias a profundidades tais que inibem a sua remobilização frequente.

4.3 ESTRUTURAS LONGITUDINAIS

As consequências negativas das estruturas longitudinais (tipo paredão) não são tão óbvias como as dos esporões. No entanto, frequentemente, são de igual modo nefastas. Quando os paredões são construídos no litoral cujo recuo está a afetar campos dunares, essas estruturas inibem, por si próprias, uma importante fonte de areias que possibilitaria, em maior ou menor grau, a regeneração (NASCIMENTO, 2009).

Para Nascimento (2009) elenca que por outro lado, sem a reserva natural de areias que era constituída pelas dunas, a praia frontal ao paredão torna-se menos larga e menos dissipativa, principalmente no percurso de temporais. As ondas tendem a atacar a costa com mais energia e desenvolvem-se mesmo correntes de retorno com elevado poder remobilizador que acabam por culminar na erosão do litoral adjacente a uma ou a ambas as extremidades do paredão. O local fica, então, em posição protuberante, induzindo convergência da ondulação e, conseqüentemente, recebendo maior energia da agitação marítima, a qual acaba por ser dissipada através de maior remobilização e transporte de areia, isto é, maior erosão. Frequentemente o paredão começa a ficar "descalço" e em perigo e, posteriormente.

4.4 OBRAS DE PROTEÇÃO DESTACADA

De acordo com Nascimento (2009) as obras de proteção destacadas (tipo quebra-mares) também não são utilizadas intensivamente no Brasil. A ideia geral do seu funcionamento resulta de que, sendo o transporte litoral uma consequência da atuação das ondas e das correntes, estas estruturas artificiais conduzem à formação de um tombolo que irá proteger eficazmente as propriedades existentes no litoral que fica na dependência do quebra-mar.

Como estas obras são geralmente implantadas a profundidades consideravelmente maiores do que as atingidas pelas extremidades dos esporões, e devido ao tombolo que geram, constituem provavelmente o processo mais eficaz de interceptar o transporte litoral. Assim, os quebra-mares destacados funcionam simultaneamente como estruturas longitudinais e transversais. Consequentemente, podem ser extraordinariamente agressivas para o litoral, pois induzem cumulativamente os efeitos nefastos (NASCIMENTO, 2009).

5 TIPOS DE OBRAS DE DEFESA DOS LITORAIS

As intervenções de defesa costeira visam proteger uma área contra o continuado e progressivo processo de erosão. A gênese dos processos que se supõe estarem na origem da ocorrência da erosão condiciona o conjunto de soluções estruturais alternativas de obras de engenharia costeira possíveis de programar.

Muitos problemas existentes derivados de obras de engenharia para contenção do avanço do mar em áreas urbanas são provenientes de diversas intervenções que desequilibram o balanço sedimentar com a construção de portos, espigões, quebra-mares, enrocamentos, muros, etc. No passado, a concepção dos projetos de obras costeiras, não considerava o equilíbrio morfológico da costa de forma ampla acarretando processos erosivos (SOUZA, 2009).

Segundo as orientações do *Coastal Engineering Manual* (CEM) (Manual de Engenharia Costeira) do Departamento de Engenharia do Exército dos EUA, há a necessidade de implantação de um projeto de contenção costeira para buscar uma melhor eficácia nas ações para encontrar soluções que tragam benefícios ambientais no controle da erosão costeira.

Independente da escolha da obra a ser utilizada é necessário considerar no planejamento dessas obras uma visão de médio e longo prazo, levando em consideração o custo-benefício e a opção por técnicas de proteção alternativas que levem em consideração a durabilidade das intervenções, o impacto ambiental causado, a disponibilidade dos materiais, o custo de implantação e o custo de manutenção da obra. (DINIZ e DOMINGUEZ, 1999).

5.1 ESPORÃO

São classificados como um tipo de estrutura rígida de engenharia costeira, disposta transversalmente ao desenvolvimento da linha de costa (Figura 6), e que normalmente é utilizada na proteção contra a erosão costeira. A função principal é a de reter, pelo menos parcialmente, a deriva litoral, minimizando os problemas de erosão costeira a barlamar da estrutura. Em geral, os esporões são retilíneos, mas podem ter forma em T ou em L, ou mesmo mais complexas, como curvilíneas, em Z e ondulada. Por outro lado, a parte superior da estrutura (coroamento) pode estar emersa ou submersa ou ter uma parte emersa e outra submersa (SIQUEIRA, 2014).

Figura 6 – Esporões localizado na praia de Areia Preta no litoral do Rio Grande do Norte



Fonte: Nascimento (2009).

Uma reflexão pode ser vista a seguir.

Esse tipo de estrutura pode ser classificado como sendo do tipo permeável (permitindo que a água e algum sedimento os atravessem) ou impermeável

(o que reforça a defecção dos fluxos). Podem ser construídos com materiais diversificados que, conforme os tipos conferem maior ou menor permeabilidade à estrutura. Entre os materiais que têm sido utilizados referem-se a blocos de rocha. (enrocamento), tetrápodes, gabiões, sacos com areia ou pedras, madeira e metal, a proteção com este tipo de estruturas desenvolve-se em grupos, designados por campos de esporões (SIQUEIRA, 2014).

O comprimento, a cota de coroamento e o espaçamento entre esporões são condicionados pela amplitude da maré, pela energia da onda incidente e pelo pendor da praia. A proteção com esporões pode ou não ser conjugada com obras longitudinais aderentes e, em certos casos, com alimentação artificial da praia. Devido à sua disposição transversal, os esporões interrompem, como se disse, à deriva litoral (pelo menos na fase inicial), o que induz acumulação de areia a barlar e, conseqüentemente, confere proteção efetiva às construções aí existentes (SIQUEIRA, 2014).

Por outro lado, pela mesma razão, provocam erosão suplementar a sotamar, o que normalmente, obriga à construção de outros esporões. Por essa razão, nos trechos costeiros intervencionados existem, geralmente, campos de esporões, isto é, conjuntos, maiores ou menores, de estruturas deste tipo constituem as estruturas mais vulgarizadas de proteção costeira. Devido aos impactes negativos que induzem a sotamar, a sua construção é cada vez mais polêmica (NASCIMENTO, 2009).

De acordo com Siqueira (2014), quando a opção de defesa passa por um campo de esporões deve ser considerada o faseamento da sua construção de forma a permitir o enchimento equilibrado das praias de acordo com a direção dominante do transporte litoral, isto é, com o mínimo de erosão a sotamar. Assim, a sequência de construção é da máxima conveniência que seja de sotamar para barlar.

5.2 MOLHE / GUIA CORRENTE

Estrutura de engenharia costeira, normalmente semelhante a um esporão, que tem como finalidade manter uma barra fixa e navegável, isto é que permaneça no mesmo local e livre do assoreamento (Figuras 7 e 8). Os molhes são utilizados em todos os tipos de barra, sejam estas estuarinas ou lagunares. As suas dimensões são muito variáveis. Embora, normalmente, tenham expressão subaérea, nalguns casos estão submersas. Os materiais com que são construídos são muito variáveis (betão, madeira, enrocamento, gabiões, tetrápodes, etc.) (SIQUEIRA, 2014).

Figura 7 – Exemplo de molhe protegendo uma zona portuária



Fonte: Siqueira (2014).

Há que reconhecer que os molhes são imprescindíveis para o desenvolvimento econômico e social do país. Têm, fundamentalmente, duas funções: modificar as condições oceanográficas locais (por forma a tornar mais segura a entrada do porto e a própria zona portuária); e modificar as condições da dinâmica sedimentar (por forma a fixar canais de navegação e minimizar o assoreamento) (SIQUEIRA, 2014).

Figura 8 – Guia Corrente localizado na entrada do porto de Natal-RN



Fonte: Nascimento (2009).

Como é evidente, essa estrutura perturba profundamente a dinâmica intrínseca do litoral, entre outras razões porque modifica, as condições locais da deriva litoral, induzindo segundo Nascimento (2009) fenômenos de difração, refração e reflexão da agitação marítima totalmente estranhos ao funcionamento natural do sistema, frequentemente, divergem para o largo as correntes de deriva litoral.

5.3 PAREDÃO (SEAWALLS)

Estrutura rígida de engenharia costeira, do tipo aderente, disposta longitudinalmente em relação ao desenvolvimento da linha de costa, e que normalmente é utilizada na proteção contra a erosão costeira (Figura 9). Por vezes são designados também como quebra-mares aderentes. Podem ser construídos com materiais diversificados, designadamente em concreto (betão), em madeira, com blocos de rocha (enrocamento), com gabiões, com tetrápodes ou com materiais metálicos. Os perfis transversais destas estruturas longitudinais aderentes podem ser muito diversificados.

Os modelos mais simples correspondem a simples muros verticais. Outros, no sentido de introduzir elementos dissipativos da energia da onda, são inclinados ou apresentam vários degraus. Outros, ainda, para que a energia da onda incidente seja deflectida para o mar, têm perfil transversal côncavo encurvado. A primeira obra de proteção costeira executada em Portugal foi deste tipo. Foi construída em 1909 em Espinho, para obviar aos graves problemas de erosão costeira que aí, então, se faziam sentir. Denominada na altura por “muralha”, estava assente em estacas e tinha extensão de 354 metros. Teve vida efêmera, porquanto os temporais que ocorreram em 1910 e 1911 destruíram quase por completo esta estrutura (NASCIMENTO, 2009).

Figura 9 – Paredão também utilizado como arrimo, situado na Praia de Meio em Natal (RN)



Fonte: Nascimento (2009).

5.4 ANTEPAROS (*BULKHEADS*)

São estruturas verticais, dispostas paralelamente à praia e projetadas basicamente com o propósito de reter o terreno situado à montante e evitar a perda de solo para o mar. A exemplo dos “*seawalls*”, os anteparos (*bulkheads*) também são estruturas monoblóquicas constituídas essencialmente por materiais sólidos e impermeáveis, geralmente, à base de aço ou concreto (Figura 10).

Figura 10 – Estrutura tipo de bulkhead



Fonte: Compilado (SILVA, 2015).

De acordo com Silva (2015), essas obras não são recomendáveis para costas de grande energia das ondas incidentes por se tratar de uma estrutura refletiva, que favorece a aceleração do processo erosivo e, conseqüentemente, o rebaixamento do terreno natural.

5.5 QUEBRA MAR

Originalmente, os quebra-mares tinham como funções principais criar condições de abrigo (mais calmas) na entrada dos portos, e/ou desviar a zona de deposição de areias da entrada do canal de acesso, ou formar uma zona calma para refúgio de pequenas embarcações. Porém, à medida que o século XX foi decorrendo, intensificou-se a utilização destas estruturas na proteção costeira e na criação e ampliação de área útil de praia para fins balneares.

Os quebra-mares dispõem-se de forma grosseiramente paralela à linha de costa, pelo que subtraem a zona interna da incidência direta da agitação marítima. Conseqüentemente, acabam por criar novas condições em que as difrações da onda nas extremidades do quebra-mar propiciam, na zona de sombra, transporte

sedimentar convergente, do que resulta a formação de uma praia saliente. Se o quebra-mar não foi dimensionado de forma adequada, isto é, se o seu comprimento não é pequeno relativamente à distância à costa, a acumulação sedimentar acaba, com o tempo, por se converter num tombolo, ficando a estrutura ligada diretamente à praia (Figura 11).

Figura 11 – Modelo de quebra-mar



Fonte: (NASCIMENTO, 2009).

Em geral, são classificados como estrutura rígida de engenharia costeira que tem como finalidade principal proteger a entrada de um porto da onda dominante, embora seja também utilizada como estrutura de proteção costeira. Podem ser estruturas do tipo aderente (correspondendo, neste caso, a paredões), do tipo destacado (construídos a certa distância da costa), ou podem ter uma das extremidades ancorada em terra (adquirindo normalmente forma encurvada ou em L).

Os quebra-mares são basicamente classificados em três tipos fundamentais: quebra-mares de talude, quebra-mares de parede vertical e quebra-mares mistos. As características que os diferenciam uns dos outros e seus respectivos funcionamentos hidráulicos.

5.6 ENROCAMENTO (*REVETMENTS*)

Essas estruturas são inseridas no ambiente praial com o propósito de eliminar o processo erosivo da praia através da dissipação da energia das ondas incidentes e, desta forma, estabilizar a linha de costa. Por se tratar de uma estrutura posicionada rigorosamente na costa, recebe usualmente a denominação de enrocamento

aderente. Sua condição porosa (blocos não argamassados), diferentemente das estruturas impermeáveis, apresentam baixíssima refletividade (Figura 12).

Estão associados a paredões são estruturas longitudinais que se desenvolvem ao longo da praia, feitos para proteger construções em zonas de erosão, tem como efeito fazer diminuir a praia arenosa, é a construção de um paredão que estreita a praia tornando a praia submersa mais inclinada. Ocorre devido à existência de habitações em dunas/zonas muito próximas ao mar.

Os enrocamentos têm como efeito fazer aparecer substrato rochoso (rochas, pedras) onde antes pouco ou nada havia para além de substrato móvel (areia). Essa estrutura é a mais utilizada no país tanto pelo custo como também para o ambiente, o enrocamento causa menos impacto visual do que outras estruturas de grande porte.

Figura 12 – Enrocamento aderente adotado na Praia de Ponta Negra, Natal/RN



Fonte: Silva (2015).

5.7 BAGWALL

É a utilização de geoforma para construção de um dissipador de energia preenchidas com concreto ou argamassa. O uso de enchimento de geoformas com concreto para proteção de avanço do mar é uma tecnologia utilizada há mais de 50 anos nos EUA, são os denominados Seawall's e tem uma vida útil de longa sem necessidade de manutenção. O material utilizado é de fácil obtenção, pois o enchimento das geoformas é feito com micro concreto, a metodologia de execução utiliza 90% da mão de obra local. Esteticamente, o dissipador se harmoniza com o

ambiente urbanizado, podendo ser removido ou ampliado, tem se mostrado eficaz para solucionar os problemas de erosão e engorda natural da areia da praia (Figuras 13 e 14).

Figura 13– Modelo de Bagwall



Fonte: Siqueira (2014).

De acordo com o estudo apresentado por Lyra (2012):

A utilização de Bagwall tiveram resultados positivos obtidos nos últimos nove anos no litoral do Nordeste do Brasil, onde foram construídos cinco dissipadores de energia “Bagwall” no litoral dos estados de Alagoas e do Ceará para controle da erosão costeira, em condições geológicas, geográficas, morfológicas e hidro- dinâmicas completamente distintas, cujo resultado final após a implantação destas obras, foi à contenção do avanço do mar e a recuperação ecológica da praia no local da intervenção (LYRA, 2012).

Figura 14 – Bagwall- Praia da Croa, Alagoas



Fonte: Lyra (2012).

5.8 ENGORDAMENTO DE PRAIA (ALIMENTAÇÃO ESPECIAL DA PRAIA)

Atualmente, quando se trata de reconstrução da faixa costeira, sugere-se que haja a preocupação com o mínimo de impacto do ambiente costeiro, e tem se falado em utilizar técnicas mais flexíveis para esse manejo, como o preenchimento de ambientes costeiros com sedimentos de características semelhantes ao da área.

Esse processo consiste no aporte de suprimento de areia com material adequado obtido em áreas de empréstimo. Este tipo de intervenção, é considerado uma solução temporária, caso não se conheça as causas da erosão. Entretanto, o engordamento de praia caracteriza-se como uma das intervenções de menor impacto no tocante à paisagem cênica da praia, é reconhecida como a melhor defesa contra a erosão costeira por não necessitar de obras fixas estranhas ao ecossistema costeiro, mas exige manutenção em longo prazo (Figuras 15 e 16).

Figura 15 – Praia de Copacabana, Rio de Janeiro, na década de 1950



Fonte: (Maia,ca.2013).

Figura 16 – Praia de Copacabana, Rio de Janeiro em 2010



Fonte: (Maia,ca.2013).

O processo de engordamento ou a realimentação de praias, consiste em depositar ou bombear areia de outros locais para a zona costeira. Normalmente, a fonte de sedimento (jazida de areia) está localizada em alto mar. Esse método não resolve os problemas de erosão da linha de costa na qual é realizado, simplesmente dá às forças erosivas (normalmente ondas) mais areia para “mastigar” por um tempo. Isto é, ao invés de destruir casas e estradas, essas forças acabam erodindo a areia adicionada. Entretanto, uma vez que não funciona para conter a erosão, esse processo tem que ser repetido a cada certo período de tempo para manter a praia, ou seja, ele possui um certo “período de vida”.

Entretanto, para muitos pesquisadores e ambientalistas o engordamento consiste em uma solução paliativa que possui diversas desvantagens, como o fato de que a areia adicionada normalmente erode em uma taxa mais rápida que a taxa de erosão da areia natural, trata-se de uma atividade cara que deve ser repetida periodicamente e, muitas vezes, muda as características das praias como o seu declive e a forma das ondas. No que se refere à conservação biológica, pode também destruir ou danar a vida marinha e da praia, principalmente ao “enterrá-la” ou “esmagá-la” no momento do engordamento.

5.9 DIQUES

São estruturas de engenharia hidráulica com a finalidade de manter determinadas porções de terras secas (Figura 17). Sua estrutura pode ser de concreto, de terra ou de enrocamento e possibilita manter secas determinadas áreas, chamadas também de polders.

Não se deve confundir um dique (o qual possui sempre as duas pontas na terra), com um quebra-mar (que possui as duas extremidades dentro d'água), nem com um molhe (que possui uma extremidade em terra e outra no mar). Apesar desta diferença fundamental em hidráulica marítima esta confusão é muito comum.

Existem vários tipos de diques, dependendo da zona geográfica onde são construídas as barragens, os diques são classificados relativamente ao material de construção, alvenaria, concreto (betão), que por sua vez dependendo da sua estrutura são classificados como: arco-gravidade, arco abobada, contrafortes e barragens em arco. O principal desafio desta obra de engenharia é fazê-la resistir às tempestades marítimas ou as enchentes no caso dos rios.

Figura 17 – Dique de 32 quilômetros de extensão unem as duas neerlandesas Holanda do Norte e Frísia



Fonte: Siqueira (2014).

5.10 GABIÃO

É a utilização de pedra arrumada revestida com tela (Figura 18), para conter o efeito da maré nas áreas afetadas, é uma solução com durabilidade de aproximadamente cinco anos, porém, oferece algumas desvantagens: a) Dificulta o acesso da população à praia, b) Destruição das telas do gabião devido ao choque das ondas, salinidade do mar e ação de vândalos, risco de acidentes nos fios oxidados, desarrumação das pedras após a destruição das telas, c) Erosão do aterro da contenção, d) Proliferação de ratos e insetos. Mas existem outros pontos de vista, onde a utilização de tipo de proteção pode trazer benefícios a vida marinha servindo de habitat para diversos tipos de espécies.

Este muro é composto por uma grande estrutura de pedra. As pedras são colocadas em gaiolas de arame recozido e empilhadas conforme o projeto de contenção. Os muros de gabião são estruturas de contenção que resistem aos esforços por meio do seu peso, por isso, são estruturas de grandes dimensões.

Figura 18 – Modelo de gabião utilizado na proteção da costa na praia de São Bento do Norte/RN



Fonte: Tabosa (2002).

6 ESTUDO DE CASO: PRAIA DO MEIO

De acordo com Silva (2015), a definição do tipo de obra mais adequada, do ponto de vista técnico e ambiental, para um segmento costeiro passa essencialmente pela identificação fisiográfica da região, dos agentes da hidrodinâmica local, mas também pelas condições de uso e ocupação da praia.

A utilização de rochas nas obras de engenharia costeira, é uma prática comum, mas nem sempre a mais adequada. O emprego desses agregados chama a atenção para o fato de que estes podem ser alterados, ou serem afetadas estruturalmente, diante das variáveis climáticas, hidrodinâmicas e temporal, além fatores sociais e culturais. Tais fatos, tornam-se mais evidentes em decorrência da presença de agentes naturais, tais como: ondas, correntes, marés, ventos, etc.

Nesse sentido, esse estudo, além de analisar as características da região, tais como localização, geologia, geomorfologia, dados oceanográficos, entre outros, avaliando o tipo e a causa dos processos dinâmicos atuantes no local, observou a trajetória histórica de todo o bairro da Praia do Meio, analisando a atual configuração urbana, a retomada do turismo, uma forte vocação que volta a despertar, principalmente diante das obras de reestruturação e requalificação da orla marítima concluídas no ano de 2014, e que atualmente se encontram ameaçadas pelo avanço do mar.

Diante da paisagem formada na Praia do Meio, alicerçado nas informações anteriores extraídas no projeto e através da análise de dados secundários, principalmente no comportamento da morfodinâmica praial obtido através da implantação dos perfis de praia (transversais e longitudinal) levantados por Silva (2015) nos meses de agosto e setembro de 2015, foi possível identificar o enrocamento aderente como sendo a solução mais adequada do ponto de vista técnico e ambiental para estabilizar a linha de costa, diminuir a energia incidente e, principalmente, combater o ataque frontal das ondas, situação em que as cristas das ondas são paralelas à linha de costa, em que as frentes de ondas arrebatam praticamente em paralelo à linha de costa, caso específico da Praia do Meio, e dessa forma eliminar o processo erosivo que atualmente acomete essa praia.

A opção pelo enrocamento aderente para a proteção costeira na Praia do Meio se vê fortalecida pelo êxito obtido com a implantação do mesmo tipo de solução na Praia de Ponta Negra, onde sua implantação além de estabilizar a linha de costa, permitindo e preservando a obra de requalificação da urbanização, eliminou a energia das ondas incidentes, permitindo, inclusive, o aporte de sedimentos, onde podem ser observados vários pontos de progradação, com a areia cobrindo a base do enrocamento e vários degraus das escadas sendo aterrados (SILVA, 2015).

6.1 MORFODINÂMICA DA PRAIA DO MEIO

A investigação do comportamento da morfodinâmica praial através da implantação dos perfis de praia (transversais e longitudinal) é elemento fundamental para a análise da dinâmica costeira (SILVA, 2015). Consequentemente, para a identificação da solução mais adequada para a proteção e/ou recuperação do perfil de equilíbrio da praia, uma vez que os mesmos refletem as condições de energia sofridas pelo perfil e, consequentemente como atua a erosão naquele ponto.

Afirma que “Os perfis de praia são medidos perpendicularmente à linha de costa na zona ativa de movimentação sedimentar, sendo de suma importância para os estudos de Engenharia Costeira”. Ainda segundo o autor, “Os dados de perfis de praia são importantes para um conhecimento e quantificação dos processos costeiros, e para planejamentos de engordamentos artificiais de praias, projetos de muros de praias, píeres, campos de espigões, dutos submarinos e outros tipos de estruturas costeiras. [...] Levando em consideração o comportamento morfodinâmico da praia, perfis

levantados, as áreas atingidas pela erosão, bem como, as condições de uso e de acesso à praia, foi definido que a Praia do Meio terá ao longo de sua extensão 02 (dois) segmentos de enrocamento, separados por uma área de estabilidade, em que não foi identificado nenhum registro de erosão, cuja extensão é de aproximadamente 450,0 metros (Figura 19) (ALFREDINI, 2014).

O engenheiro Silva (2015), tomou como referência o extremo norte da Praia do Meio, os trechos foram definidos da seguinte forma:

Trecho 1 – Localizado no setor norte da Praia do Meio, com extensão de 650,00 metros. Para o Trecho 1, foram levantados 15 Perfis Transversais, equidistantes em 50,0m; e 01 Perfil Longitudinal ao longo da linha base (cota “0” dos perfis transversais), com cotas equidistantes em 25,0 metros, iniciando-se 200,0m antes do início da linha base até 50,0 metros após o término da linha base. O Trecho 1 teve seu início prolongado em 70,00 metros em razão da existência nas proximidades da Estaca E0, da presença de uma rede de drenagem (ativa) de águas pluviais, descarregando na faixa praial um volume considerável de despejos. Essa condição é fator fundamental para a preservação da integridade do encabeçamento (extremidade) norte da estrutura, de forma que, durante os períodos chuvosos, o encabeçamento (flanco da estrutura) não fique vulnerável à erosão provocada por esses despejos.

Figura 19 – Enrocamento no primeiro trecho sendo executado



Fonte: Arquivo do autor (2018).

Trecho 2 – Localizado no setor sul da Praia do Meio, com extensão de 572,0 metros (Figura 20). Para o Trecho 2, foram levantados 13 Perfis Transversais, equidistantes em 50,0m; e 01 Perfil Longitudinal ao longo da linha base (cota “0” dos perfis transversais), com cotas equidistantes em 25,0 metros, iniciando-se 200,0m antes do início da linha base até 128,0 metros após o

término da linha base. O Trecho 2 tem seu arremate final ao sul limitado pela presença de uma plataforma de abrasão.

Figura 20 – Mapa de localização dos trechos de enrocamento aderente proposto para a Praia do Meio, separados entre si por área de estabilidade



Fonte: Projeto de enrocamento da praia do meio, Silva (2015).

6.2 DEFINIÇÃO DA MEDIDA DE PROTEÇÃO

Para fazer o dimensionamento do enrocamento aderente, assim como para as demais estruturas de defesa costeira, faz-se necessário considerar em seu dimensionamento todas as variáveis que podem concorrer para o insucesso da intervenção.

Segundo Alfredini (2000) citado por Silva (2015):

Elenca os principais parâmetros funcionais de projeto das obras longitudinais aderentes, dentre as quais, citamos as que se apropriam ao uso do enrocamento: Cota de coroamento o mais alta possível para evitar galgamento frequentes; Proteção da fundação externa (pé da estrutura): Nas obras de enrocamento, deve-se prover berma no pé do talude para criar reserva de pedra (para admitir acomodações moderadas), abrir vala suficientemente profunda e enchê-la com enrocamento para constituir a fundação da obra (existe dificuldade prática pelo rápido enchimento da vala), e critérios de filtro para adequada transição entre o enrocamento e a areia. As obras devem ser fundadas em cota suficientemente baixa, se possível em rocha. O comprimento deve estender-se à frente de toda a zona a proteger. Esforços solicitantes no dimensionamento se devem ao impacto das ondas e aos empuxos da terra.

O período de recorrência da onda de projeto pode ser reduzido em até três anos para estruturas provisórias. A altura da onda de projeto a ser adotada no cálculo de estruturas portuárias, de abrigo, situadas fora da zona de arrebentação, não afetadas quanto à sua segurança por eventual galgamento

deve ser $H_s = H_{m0}$, que é a média aritmética do terço superior das ondas, chamada altura significativa, para estruturas flexíveis de blocos naturais. Em estruturas de proteção o nível adotado corresponde à altura que não seja ultrapassada em 80% do tempo de recorrência considerado igual à expectativa da vida útil da obra.

6.2.1 Altura significativa de onda adotada

De acordo com Silva (2015), com as medições de ondas realizadas de abril de 1977 a abril de 1978, pelo Instituto de Pesquisas da Marinha – IPM para o INPH/PORTOBRÁS no ponto de observação de fundeio ao largo da isóbata de – 10,0 m (DHN) do ondógrafo nas coordenadas 05°46'02" S e 35°11'01" W, a maior H_s situa-se em torno de 2,6 m, com período de pico do espectro de energia em torno a 8,0 s.

No ano de 2013, para efeito de cálculos do dimensionamento dos blocos rochosos do enrocamento aderente da Praia de Ponta Negra, os projetistas adotaram $H_s = 2,30$ metros, tomando por critério a altura da onda determinada pelas simulações de estados de mar no oceano Atlântico Sul, utilizando o modelo WAVEWATCH III para o período 1990-2009.

Mais recentemente, segundo Silva (2015), ao avaliar o clima de ondas da praia de Ponta Negra com o uso do Sistema de Modelagem Costeira do Brasil (SMC-Brasil), identificaram que o ponto P1 “apresentou maiores valores de altura de onda significativa e de períodos de pico, marcando assim o pior cenário de clima marítimo para a região”.

Segundo Almeida (2000) citado por Silva (2015):

A altura de onda significativa (H_s) varia entre 0,5 m e 2,8 m, sendo que 75% dos estados de mar apresentam ondas inferiores a 1,6m. Utilizando a Distribuição de Valores Extremos Generalizados (GEV; Fisher & Tippett, 1928) pode-se verificar que para um período de retorno de 10 anos a altura de onda significativa do ponto P1 é de 2,6 m.

6.2.2 Peso dos Blocos Rochosos

Para o dimensionamento da seção transversal do enrocamento foi adotado no cálculo do peso dos blocos que irão compor a armadura de proteção, conforme preconiza o *Shore Protection Manual* (SILVA, 2015), a Fórmula proposta por Hudson, uma vez que a mesma é a que melhor oferece determinar com maior aproximação o

peso dos blocos do manto resistente de armadura. Onde a fórmula de Hudson estabelece para o cálculo do peso dos blocos a seguinte relação:

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H^3}{KD[(\gamma_s/\gamma_a) - 1]^3 \cdot \cot \theta}$$

Onde:

W = Peso médio da armadura

Hs = Altura da onda significativa do projeto

γ_s = Peso específico dos blocos rochosos

γ_a = Peso específico da água do mar

θ = Ângulo formado pela seção da armadura e a horizontal

KD = Coeficiente de estabilidade

Com os seguintes valores:

No caso de Ponta Negra, praia onde foi utilizada estrutura semelhante, a altura significativa da onda foi de H= 2,3 m. Tem-se o peso dos blocos rochoso com seguinte valor.

W = ?

Hs = 2,30m (valor obtido para Ponta Negra)

γ_s = 2,65 T/m³ (peso específico do bloco granítico)

γ_a = 1,03 T/m³ (peso específico da água do mar)

Cot θ = 1,50

KD = 3,0

Logo, temos:

$$W = \frac{2,65 \times 2,30^3}{3,0 \times [(2,65 \div 1,03) - 1]^3 \times 1,5}$$

$$W = \frac{32,2425}{3,0 \times (2,5728 - 1)^3 \times 1,5}$$

$$W = \frac{32,2425}{3,0 \times 3,8906 \times 1,5}$$

$$W = \frac{32,2425}{17,5077}$$

$$W = 1,84 \text{ Toneladas (1.840,0 toneladas)}$$

Dados coletados do projeto de dimensionamento da estrutura enrocamento, executada na Praia do Meio.

$$W = ?$$

$$H_s = 2,60\text{m (maior valor obtido para o litoral de Natal)}$$

$$\gamma_s = 2,65 \text{ T/m}^3 \text{ (peso específico do bloco granítico)}$$

$$\gamma_a = 1,03 \text{ T/m}^3 \text{ (peso específico da água do mar)}$$

$$\text{Cot}\theta = 1,50$$

$$K_D = 3,0$$

Logo, temos:

$$W = \frac{2,65 \times 2,60^3}{3,0 \times [(2,65 \div 1,03) - 1]^3 \times 1,5}$$

$$W = \frac{46,5764}{3,0 \times (2,5728 - 1)^3 \times 1,5}$$

$$W = \frac{46,5764}{3,0 \times 3,8906 \times 1,5}$$

$$W = \frac{46,5764}{17,5077}$$

$$W = 2,66 \text{ Toneladas (2.660,0 toneladas)}$$

De acordo com o *Shore Protection Manual* (SILVA, 2015) o peso dos blocos do manto resistente de armadura (carapaça) deve obedecer a uma variação da ordem

de 0,75 W e 1,25 W., ou seja, para a Praia do Meio, os blocos da manta de carapaça devem apresentar variação de peso entre 1.995 Kg e 3,325 Kg.

De acordo com o estudo proposto por Silva (2015):

Por se tratar de uma estrutura montada por intermédio de máquinas, e por haver uma necessidade fundamental de montagem e sustentação dos blocos, para efeito de fiscalização e aferição, poderá ser tolerada o uso eventual de algum bloco rochoso de peso inferior, desde que seja com a única finalidade de fixação dos blocos maiores na seção, ou no caso de haver alguma seção em que a altura não comporte blocos nas dimensões aqui definidas. Casos estes que deverão contar com a avaliação e a anuência do projetista (SILVA, 2015).

Para as demais camadas de núcleo, os blocos deverão obedecer à variação de peso de 40,0 Kg a 2,66 toneladas. No caso da camada vertical de pedras, elevadas manualmente, e que servirão para dar suporte à elevação do geotêxtil, tendo em vista que os mesmos não recebem a incidência direta da energia das ondas, o peso dos blocos poderá variar a partir de 20,0 Kg, de forma a atender à capacidade de transporte e de assentamento por parte dos operários (Figura 21).

De acordo com Silva (2015), enrocamento aderente deverá ser constituído por blocos de rochas graníticas de boa qualidade, são e compacta, inalterável a ação dos agentes atmosféricos, ao ataque químico pela água do mar e às alternâncias de emersão/submersão, devendo estar isento de substâncias vegetais, argilas, bem como de capas da jazida, de materiais intemperizados e outros estranhos a rocha são.

Segundo o autor Op. cit., para efeito de execução é recomendável a prévia seleção dos blocos de acordo com a granulometria e peso apropriado a cada camada.

O volume total de blocos a serem utilizados é de 24.200,50 m³, sendo necessário para o trecho 1, cuja extensão é de 650,0 metros, o total de 15.645,00m³, e para o trecho 2, que apresenta uma extensão total de 570,0 metros, o total de 8.555,50m³ (SILVA, 2015).

Figura 21 – Elevação manual da camada de suporte do geotêxtil. Extraído do Projeto de contenção do processo de erosão marinha e estabilização da linha de costa na praia de Ponta Negra (2013)

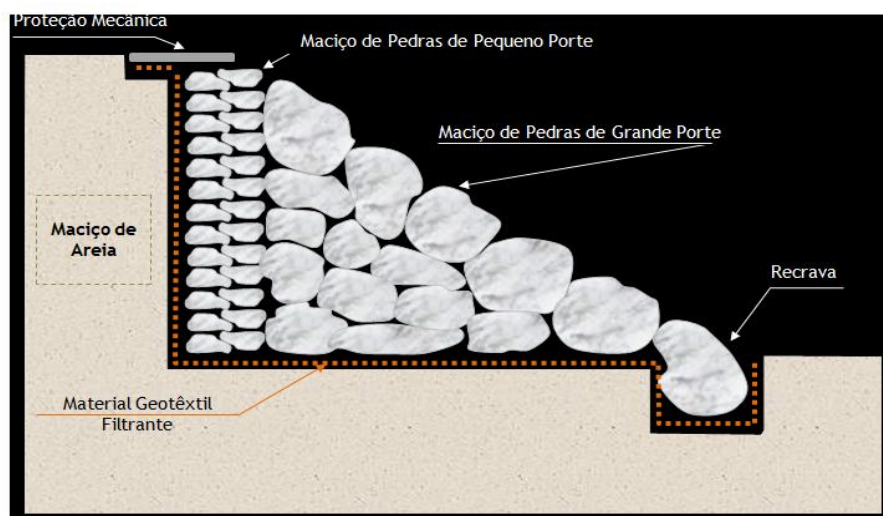


Fonte: Siqueira (2014).

6.3 DETALHAMENTO DA SEÇÃO DO ENROCAMENTO ADERENTE E SEUS COMPONENTES

O enrocamento aderente é uma estrutura dotada de uma seção em formato de talude voltado para a praia (Figura 22).

Figura 22 – Enrocamento tipo aderente



Fonte: Siqueira (2014).

A seção do enrocamento é dividida nos seguintes componentes:

6.3.1 Estrutura Interna

A parte interna do enrocamento aderente composta por camadas de blocos rochosos que se divide em:

- **Carapaça:** camada composta por blocos rochosos de granulometria definida, dispostos e encaixados entre si, livres de argamassas ou aglomerantes, de forma que preserve os vazios formados entre os blocos, garantindo sua porosidade conceitual, através da qual a energia se dissipa inicialmente em vetores pelos vazios e, posteriormente, ao penetrar cada camada e elemento.
- **Núcleo:** camada composta por blocos rochosos de granulometria variada, dispostos e encaixados entre si, livres de argamassas ou aglomerantes, garantindo sua porosidade conceitual. Nesta camada, após ultrapassar a carapaça, dissipando-se pelos poros existentes, a energia incidente continua a ser dissipada em razão da maior variação granulométrica e, conseqüentemente, da grande quantidade de vazios (Figura 22).
- **Base (vala ou recrava):** camada disposta no formato de vala encravada abaixo do nível do terreno natural e preenchida com blocos rochosos de grande porte. Esta camada é fundamental para dar suporte e estabilidade a todo o talude.
- **Maciço de pedras de pequeno porte:** camada vertical elevada da base até a cota de coroamento com blocos de peso menor, que atenda a capacidade de transporte e manuseio por operários, de suma importância para o talude, uma vez que oferecerá suporte ao geotêxtil que revestirá toda a parte da seção em contato com o substrato. Sua elevação deverá preservar a porosidade, com seus blocos sendo dispostos em regime de amarração do tipo alvenaria, porém sem argamassas ou aglomerantes (Figuras 22 e 23).

Figura 23 – Estrutura enrocamento sendo executada na Praia do Meio - RN



Fonte: Arquivo do autor (2018).

6.3.2 Estrutura Externa

São três elementos externos que compõem o enrocamento aderente, são eles:

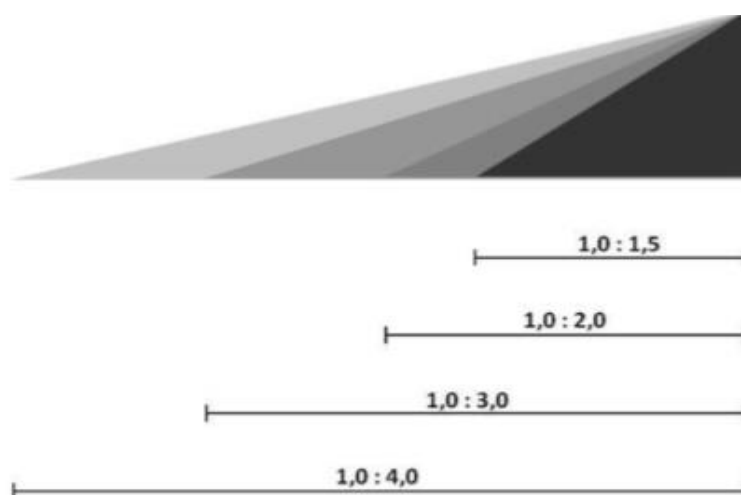
- **Maciço de areia:** volume de areia que se encontra por trás da estrutura, cuja finalidade é dar estabilidade ao talude, bem como de manter o geotêxtil apoiado sobre um anteparo flexível, evitando a fricção entre os blocos e outra superfície que a fizesse romper. Este maciço deve ter largura mínima de 1,0 metro. Nos casos em que essa faixa de terra pode oferecer uma largura, sem prejuízo da ocupação da faixa de pós praia, cria-se uma praia elevada, comumente bem frequentada por usuários e comerciantes nos horários de maré alta (Figura 23).
- **Elemento filtrante:** manta geotêxtil que reveste o enrocamento desde a vala (recrava) até a cota de coroamento, e que tem como principal função a preservação de todas as estruturas situadas à retaguarda da estrutura e, conseqüentemente, manter a estabilidade do talude (Figura 22).
- **Proteção mecânica do geotêxtil:** Esse elemento tem a função primordial de

oferecer proteção para o arremate do geotêxtil da incidência de intempéries e de vandalismos. Em geral, tratam-se de elementos pesados, constituídos de concreto, de forma que não possam ser retirados do local, nem arremessados sobre a carapaça da estrutura (Figura 22).

6.4 INCLINAÇÃO DA SEÇÃO

A inclinação da seção do talude de enrocamento, ou seja, a relação entre a altura e a base do enrocamento, pode variar de 1,0: 1,5 até 1,0: 4,0 (Figuras 22 e 24), a depender das características da praia em que será implantada, bem como, da necessidade de dissipação da energia das ondas incidentes.

Figura 24 – Representação da proporção de inclinação do talude de uma seção de enrocamento aderente



Fonte: Compilado de Silva (2015).

De acordo com Silva (2015), em praias urbanas, como no caso da Praia do Meio, é comumente adotada a proporção de 1,0m: 1,5m, de modo que se a compressão da faixa de praia e, conseqüentemente, a redução da praia recreacional. Quando se dispõe de um estirâncio extenso, e que se faz necessário uma maior dissipação da energia das ondas incidentes e a minimização do galgamento das ondas, são adotadas inclinações maiores.

6.5 DEFINIÇÃO DAS COTAS DE COROAMENTO DAS SEÇÕES

A cota de coroamento do enrocamento é a medida considerada entre a

medida de corte e nivelamento do terreno da estrutura e a cota de topo. Esta medida foi estabelecida a partir da transferência de nível de RN/IBGE (Referência de Nível) localizado no Porto de Natal (SILVA, 2015).

7 CONCLUSÃO

A análise do presente estudo, serviu para comprovar que a estrutura tipo enrocamento, que está sendo executado na praia do meio na cidade do Natal e a melhor opção de estrutura levando em consideração fatores econômicos e ambientais, pois esse tipo de estrutura gera pouco impacto para a área, que estava precisando de uma medida estrutural de urgência, para mitigar os efeitos das ondas sobre as construções e vias urbanas. A escolha do tipo de estrutura enrocamento para localidade foi levada em consideração o fator de ocupação e os agentes dinâmicos, já que essa construção pode afetar o meio natural e social da região. Os efeitos de uma estrutura semelhante localizada na praia de ponta negra que foram positivos, lembrando que essas obras foram medidas paliativas já que a energia das ondas estava sendo dissipadas nas estruturas urbanas causando a destruição em vários pontos da orla das praias supracitadas. Por esses motivos foi possível identificar o enrocamento aderente como sendo a solução mais adequada do ponto de vista técnico e ambiental para estabilizar a linha de costa, diminuir a energia incidente e, principalmente, combater o ataque frontal das ondas, situação em que as cristas das ondas são paralelas à linha de costa, em que as frentes de ondas arrebatam praticamente em paralelo à linha de costa, caso específico da Praia do Meio, e dessa forma eliminar o processo erosivo que atualmente acomete essa praia.

A estrutura em execução na praia do Meio, segundo opiniões de pessoas que frequentam o local, o enrocamento modifica bruscamente a paisagem gerando um impacto visual para quem frequenta o local e pode acarretar a proliferação de insetos como acontece na Praia Ponta Negra, gerando desconforto para os banhistas e também dificulta o acesso da população. Mais os estudos comprovam que esse tipo de estrutura por se tratar de um dispositivo amortecedor, causa a diminuição de sedimentos no local, e a mesma pode gerar um balanço negativo, caso que não aconteceu na Praia de Ponta Negra onde degraus que dão acesso a praia estão soterrados. Com esse tipo de obra existe uma qualificação da orla da praia, pois a

mesma vai ficar protegida. O objetivo da estrutura é proteger as construções urbanas, pois se trata de uma estrutura aderente fixada ao calçamento.

REFERÊNCIAS

ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. **Engenharia portuária**. São Paulo, ed. Edgar Blucher, 2014, ISBN 978-85-212-0811-2.

CUNHA, Eugenio. **Evolução atual do litoral de Natal-RN (Brasil) e suas aplicações a gestão integrada**. Tese (Doutorado em Ciências do Mar) – Universidade de Barcelona, Barcelona, 2004.

DINIZ, R. F.; DOMINGUEZ, J.M.L. **Erosão costeira no litoral oriental do Rio Grande do Norte**. VII Congresso da ABEQUA. Porto Seguro, 1999.

FRAZÃO, Eugênio Pires. **Caracterização Hidrodinâmica e morfológica do estuário do Rio Potengi**: Implicações para o derramamento de óleo. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2003.

HAZIN, F. H. V. *et al.* Resultados Obtidos por Meio do Fundeio de um Correntógrafo na Plataforma Continental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 30-35, 2008.

Instituto de Defesa de Meio Ambiente (**IDEMA**). Anuário Estatístico 2007. Informativo Municipal dos municípios de Carnaubais, Porto do Mangue, Pendências e Macau – RN. Disponível em: <<http://www.idema.m.gov.br/anuario.2007/Caracterizacao-territorio.html>>. Acesso em: 15 set. 2017.

LYRA, Marco. **SOS Ponta Negra**: caminhos para solução. 2012. Disponível em: <<http://marcolyra.blogspot.com.br/2012/07/sos-ponta-negra-caminhos-para-solucao.html>>. Acesso em: 15 set. 2017.

MAIA, Luis Parente. **O Avanço do Mar e a Erosão Costeira nos Municípios do Litoral Cearense**. Fortaleza: Labomar – Ufc, ca. 2013. 83 slides, color. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARÁ Comissão de Desenvolvimento Regional, Recursos Hídricos, Minas e Pesca.

MUEHE, Dieter. **O litoral brasileiro e sua compartimentação**. Geomorfologia do Brasil, pp.273-349, Bertrand Brasil, 4a ed., Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006. ISBN: 8528606708.

NASCIMENTO, Kleiton Cassimiro. **Monitoramento por DGPS e análise dos processos erosivos da linha de costa da Praia de Pirangi do Norte**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Sanitária, Tecnológico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15963/1/KleitonCN_DISSERT.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2018.

NUNES, Lidianne de Souza. **Dinâmica costeira entre as praias de Areia Preta e do Forte, Natal/RN**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/lucas/Desktop/UFRN TCC.pdf>. Acesso em: 30 set. 2017.

PAULA, Davis Pereira de. **EROSÃO COSTEIRA E ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO NO LITORAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (CEARÁ, BRASIL): UM CONTRIBUTO PARA ARTIFICIALIZAÇÃO DO LITORAL**. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 9, n. 1, dez. 2015. ISSN 1982-5528. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/306>>. Acesso em: 16 set. 2017.

RÉGIS, Alex. **Ponta Negra e Redinha tem pontos impróprios para o banho em Natal. G1 RN**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2013/08/ponta-negra-e-redinha-tem-pontos-improprios-para-o-banho-em-natal.html>>. Acesso em: 15 set. 2017.

SANTOS, Adeylan. **Erosão Costeira – Alagoas**. 2010. Disponível em: <<http://geologiamarinha.blogspot.com/2010/05/erosao-costeira-alagoas.html>>. Acessado em: 15 set. 2017.

SILVA, Flávia Janiny Oliveira da. 2012. **Análise da vulnerabilidade de Natal/RN frente às mudanças climáticas**. 2012. 143 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

SILVA, Flávia Janiny Oliveira da, *et al.* Considerações sobre os potenciais impactos ocasionados pela elevação do nível médio do mar nas Praias do MEIO e dos Artistas, Natal/RN. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – ABRH**, Bento Gonçalves, RS, Brasil, 2013.

SILVA, Henrique Pinto. **Contenção do Processo de Erosão Costeira e Estabilização da Linha de Costa da Praia do Meio, Município de Natal/RN**. Velox Const. & Incorp., Natal, 124 f., 2015.

SIQUEIRA, Bheatriz Isabelly de Carvalho; GAMA, Lana Daiane Gonçalves do

Nascimento Maria Sônia; GOMES, Claudio Roberto. **Obras Costeiras e Obras Estuarinas**. FAITA, Itanhaém/SP, mar. 2014. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgZ0UAH/obras-costeiras-estuarinas?part=3>>. Acesso em: 16 set. 2017.

SOUZA, Célia Regina de Gouveia. A Erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, CTTMar UNIVALI, Itajaí, 2009. ISSN 1646-8872. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-147_Souza.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017.

TABOSA, W. F. **Monitoramento costeiro das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte – RN**. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

VITAL, Helenice, *et. al.* **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. 2005. In: Muehe, D. (Org.). Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: Ministério do Meio Ambiente., 2005, v. p. 159-176