



Universidade Estadual do Ceará

Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa

**Dinâmica Ambiental e Transformações  
Socioespaciais da Orla Marítima de  
Paracuru - Ceará**

Orientadora: Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Fortaleza-CE  
Abril/2007

Apoio:



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

**Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa**

**DINÂMICA AMBIENTAL E TRANSFORMAÇÕES SOCIOESPACIAIS DA ORLA**  
**MARÍTIMA DE PARACURU – CEARÁ**

**Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Geografia. Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.**

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

**Fortaleza - Ceará**

**Abril/2007**

S719d Sousa, Paulo Henrique Gomes de Oliveira  
Dinâmica ambiental e transformações socioespaciais da orla  
marítima de Paracuru – Ceará/Paulo Henrique Gomes de  
Oliveira Sousa. \_\_\_\_\_ Fortaleza, 2007.  
113 p.; il.  
Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro  
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) –  
Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e  
Tecnologia.  
1. Erosão. 2. Processos Costeiros. 3. Paracuru - Ceará. I.  
Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e  
Tecnologia.

CDD: 631.450918131

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

**Título do Trabalho:** DINÂMICA AMBIENTAL E TRANSFORMAÇÕES  
SOCIOESPACIAIS DA ORLA MARÍTIMA DE PARACURU –  
CEARÁ

Autor: Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa

Defesa em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nota obtida: \_\_\_\_\_

Conceito obtido: \_\_\_\_\_

**Banca Examinadora**

---

Profª. Drª. Lidriana de Souza Pinheiro (UECE)  
(Orientadora)

---

Prof. M.Sc. Ph.D. Jäder Onofre de Morais (UECE)

---

Prof. Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles (UFC)

*“Ilusões prévias preludiam a realização  
dos nossos sonhos”.*

*Paulo Sousa*

*Dedico este trabalho à minha família por tudo que ela representa, pela paciência, por ter me ensinado que a vida não é apenas o cumprimento de metas, mas principalmente amor, vocês são meu alicerce e conseqüentemente tudo o que eu sou.*

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pela minha saúde e inteligência para cumprir minhas tarefas independentemente das adversidades da vida.

À professora Lidriana de Souza Pinheiro por ter acreditado em mim desde a primeira vez que me viu, pelas experiências e bons momentos não apenas profissionais, mas principalmente de amizade.

Ao professor Jáder Onofre de Moraes que me permitiu fazer parte de sua equipe e pelas palavras de força ao longo da minha caminhada acadêmica.

Ao Professor Jeovah Meireles pelo incentivo, contribuições e ajuda em momentos cruciais no desenvolver do trabalho.

A todos os meus amigos do LGCO que sempre tiveram importância primordial na minha vida científica e pessoal. À Carolina, Neide, Tatiana, Jorge e Davis, que vêm me apoiando desde a graduação e tiveram papel decisivo na conquista da minha vaga do mestrado, pela torcida, pelo incentivo, pelo aprendizado e crescimento mútuo e principalmente pela amizade que só tende a crescer a cada dia. Aos meus amigos João Sérgio, Felipe, Diego, Laldiane e Aloísio pela força e bons momentos vividos nesses anos e pelas alegrias e esforços nos trabalhos de campo. Ao amigo Paulo Augusto pela amizade e experiência científica ao longo da dissertação. À Judária e Mariana pela ajuda com as análises laboratoriais e pelos sorrisos sinceros que mudam meu humor nos dias de dificuldade. Aos amigos Glacianne, Marisa, André, Marcela e Miguel, pela amizade e por estarem sempre dispostos a ajudar no que for necessário. Ao professor Alex pela disposição e ajuda dispensados a mim no período de final da dissertação. Aos motoristas Cláudio e Lemos que com bom humor passaram por situações inusitadas nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos Jonathan, Heberth, Kerly, Andréa, Júlio, Alan, Quintela, Thiago, Ediane e Glysea. Por compartilharem comigo os melhores e inesquecíveis momentos da minha vida.

Aos professores Marcos José Nogueira de Souza pela ajuda, esclarecimentos durante o trabalho e pela confiança, ao professor Fábio Perdigão que com seu exemplo me ensinou a trabalhar com as diferenças e alcançar as metas traçadas de forma paciente. À professora Luzia Neide pelos valiosos conhecimentos passados durante a graduação e especialmente pela força, confiança, torcida e exemplo que ela tem me dado.

À minha turma de mestrado Luciana, Niepson, Clarice, Marcus, Fábio, Iara e em especial à minha amiga Nancy, que se mostrou sempre presente ao longo da jornada compartilhando momentos de angústias e alegrias sempre me apoiando e impulsionando para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos de graduação Lílian Soares, Lílian Sorele, Renata, Lidiane, Diego, Raul, Fernando, Máira e Ewerton, foram quatro bons anos ao lado de vocês.

Aos amigos de laboratório Jáder Santos com o trabalho de geoprocessamento e Juliana Forte com as correções gramaticais.

Ao professor Luiz Parente Maia do LABOMAR, por fornecer material cartográfico. Ao professor Alexandre Medeiros do LGMA pela ajuda com material sobre a área.

Ao Mozart da SEMACE que esteve sempre disposto a ajudar em tudo que fosse possível, sem sua ajuda e entusiasmo, os trabalhos de campo e o conhecimento da área teriam sido bem mais difíceis.

Ao MAG, pelo apoio, em estima às amigas Gerda, Janaína e Júlia por terem sempre facilitado minha vida e me ajudado em todos os momentos de necessidade.

À CAPES pelo apoio financeiro e ao LGCO pelo apoio Logístico.

## RESUMO

Praia é um ambiente composto por sedimentos consolidados (rochas de praia e plataformas de abrasão) e não-consolidados (areias, cascalhos e seixos), sob influência marinha (ondas e marés), continental e antrópica, limitada de onde não há mais transporte de sedimentos após a linha de maré baixa até a zona de pós-praia ou obstáculos como falésias, campo de dunas, etc. O município de Paracuru localizado à aproximadamente 85 km da cidade de Fortaleza, apresenta um litoral com 17 km que se entende desde a foz do Rio São Gonçalo até a foz do Rio Curu. A diversidade paisagística e a importância ambiental e socioeconômica da região levaram à criação de duas Unidades de Conservação, a APA das Dunas de Paracuru e a APA do Estuário do Rio Curu. No entanto, a Orla Marítima merece atenção especial por estar sob pressão ambiental e antrópica. Nesse sentido, a avaliação dos riscos e vulnerabilidade do litoral funciona como instrumento necessário para orientar intervenções futuras nesse ambiente. Para tanto foi realizado um estudo visando analisar os processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos em Paracuru como ferramenta para a avaliação dos geoindicadores da área. Nesse período foi possível observar a variação sazonal no pacote sedimentar, bem como os processos de erosão e sedimentação da praia. Simultaneamente a esse trabalho, foram realizadas campanhas para conhecer o processo de ocupação da orla, as características socioeconômicas do local e o perfil do usuário da praia. O mapa de vulnerabilidade da costa gerado com essas informações fornece subsídios para ações de gerenciamento e manejo não apenas da orla marítima, mas também da zona costeira de Paracuru.

Palavras-chave: Erosão, Processos Costeiros, Paracuru.

## ABSTRACT

Beach is an environment formed by consolidated (beach rocks and abrasion platform) and unconsolidated (sands, granules and pebbles) sediments, under marine influence (waves and tides), continental and anthropic, limited from where there is no transport of sediments after low tide line to the backshore zone or obstacles like cliffs, dune fields, etc. The municipality of Paracuru is located about 85 km from Fortaleza city, it has a littoral of 17 km extended from the mouth of São Gonçalo River to the mouth of Curu River. The landscape variety and the socioeconomic and environmental importance of the region took to the creation of two Unities of Conservation, the Environmental Protection Area EPA of Paracuru Dunes and the EPA of Curu River Estuary. However, the seafront deserves a special care due being under environmental and anthropic pressure. In this sense, the evaluation of littoral risks and vulnerability works as a necessary instrument to orientate future interventions in this environment. Thereby, a study was carried out aiming to analyze the morphodynamic and hydrodynamic processes in Paracuru as a tool to evaluate the geoindicators of the area. In that period, the volume of sediments seasonal variance and erosion and sedimentation processes were observed. Simultaneously to these works, were carried out campaigns to know the occupation process along the seafront, the local socioeconomic features and the profile of the beach users. The coastal vulnerability map generate with these information provides subsidies to management actions not only to the seafront, but also to the coastal zone of Paracuru.

Keywords: Erosion, Coastal Processes, Paracuru.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Localização da Área de Estudo	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. A Dinâmica Ocupacional e Variáveis Socioeconômicas	17
2.2. A Dinâmica Ambiental	18
2.3. Compartimentação da Zona Costeira e Orla Marítima	28
3. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS	30
3.1. Procedimentos Técnicos	31
3.1.1. Atividades de Reconhecimento Básico	31
3.1.1.1. Levantamento Bibliográfico	31
3.1.1.2. Sensoriamento Remoto e Confecção de Material Cartográfico	31
3.1.2. Campanhas Experimentais	32
3.1.2.1. Processos Hidrodinâmicos e Características Hidrológicas	32
3.1.2.2. Contexto Morfodinâmico	33
3.1.2.3. Perfil do Usuário, Percepção Ambiental e Riscos Praiais	34
3.1.3. Atividades de Laboratório	34
3.1.3.1. Análise de Sedimentos	34
3.1.3.2. Percentual de Ocupação da Orla	35
3.1.3.3. Cálculo do Volume do Perfil da Praia	35
3.1.3.4. Cálculo do Transporte Longitudinal de Sedimentos	35
3.1.3.5. Balanço Sedimentar do Perfil e Classificação Morfodinâmica	36
3.1.3.6. Levantamento de Dados Censitários e Metadados	37
3.2. Análise dos Dados	37
4. COMPARTIMENTAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA ZONA COSTEIRA DE PARACURU	39
4.1. Zona Submersa (Linha de costa até a cota -10 m)	39
4.2. Zona Emersa	42
5. VARIÁVEIS CONTROLADORAS DOS PROCESSOS COSTEIROS	49
5.1. Características Climáticas Regionais e Locais	49
5.2. Controle das Características Hidroclimáticas nos Parâmetros Oceanográficos	51
5.2.1. Ventos	51
5.2.2. Ondas	53
5.2.3. Transporte de Sedimentos pela Corrente Longitudinal	56
5.2.4. Marés	59
6. O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA ORLA E CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS	61
6.1. Perfil do Usuário da Praia de Paracuru	67
7. O AMBIENTE PRAIAL E SUA MORFODINÂMICA	72
7.1. Classificação Morfodinâmica do Ambiente Praial	78
7.2. Outras Variáveis Importantes no Controle da Morfodinâmica Praial	79
7.3. Aplicação da Morfodinâmica Praial na Identificação de Riscos no Banho de Mar	85
8. INDICADORES DE RISCOS E VULNERABILIDADE AO PROCESSO DE EROÇÃO COSTEIRA	88
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
10. REFERÊNCIAS	101



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização e pontos de monitoramento	16
Figura 02: Elementos de um sistema costeiro	20
Figura 03: Processo de refração de ondas	21
Figura 04: Características dos tipos de praia (R, BCL, BPR, BT, TBM e D)	23
Figura 05: Marés de Sизigia e Quadratura	24
Figura 06: Esquema mostrando o funcionamento de correntes de retorno ( <i>rip currents</i> )	26
Figura 07: Fluxograma metodológico	30
Figura 08: Realização de perfil de praia com tripé, nível e mira topográficos	33
Figura 09: Perfil aéreo e Submerso da praia de Paracuru	41
Figura 10: Sistema de fixação de dunas	44
Figura 11: Exumação de <i>beachrocks</i> na faixa de praia resultante dos processos erosivos na praia de Paracuru	45
Figura 12: Falésias vivas esculpidas nos sedimentos da Formação Barreiras nas praias da Pedra do Meio e da Munguba	46
Figura 13: Compartimentação dos Sistemas Ambientais de Paracuru	48
Figura 14: Variação da ZCIT no na Região Nordeste do Brasil	49
Figura 15: Quadro síntese dos dados Pluviométricos de Paracuru	50
Figura 16: Freqüência da direção do vento	52
Figura 17: Direção dos ventos e migração de dunas em direção à Paracuru	52
Figura 18: Síntese da direção e altura e ondas em Paracuru	54
Figura 19: Histograma dos períodos de ondas, predominando ondas com período entre 6 e 9 segundos	55
Figura 20: Direção da Corrente Longitudinal no litoral de Paracuru	57
Figura 21: Volume de sedimento transportado (m <sup>3</sup> /mês) em Paracuru	58
Figura 22: Gráfico do volume de sedimentos transportados (m <sup>3</sup> ) no litoral de Paracuru	59
Figura 23: Evolução da população de Paracuru entre os anos de 1970 e 2000	62
Figura 24: Número de domicílios particulares permanentes de Paracuru nas zonas urbana e rural, entre os anos de 1991 e 2000.	63
Figura 25: Taxa de ocupação da orla marítima (200 m da linha de costa) da área estudada.	67
Figura 26: Perfil dos usuários da praia de Paracuru	69
Figura 27: Percentual dos usuários da praia em razão do seu uso	70
Figura 28: Opinião dos freqüentadores em relação a ações de melhoria da praia de Paracuru	71
Figura 29: Remobilização de material arenoso pela emissão de esgoto comprometendo a qualidade da água	74
Figura 30: Fotos tiradas nos meses de Novembro de 2005, Janeiro, Março e Junho de 2006; mostrando o processo de erosão severa na praia da Carnaubinha	75
Figura 31: Quadro síntese dos parâmetros morfodinâmicos	77
Figura 32: Variação dos estados morfodinâmicos da praia de Paracuru	79
Figura 33: Área com baixa elevação e maior susceptibilidade a inundações, e vegetação de mangue	80
Figura 34. Perfil altimétrico da Orla Marítima da área estudada	81
Figura 35: Presença de desembocaduras de riachos e galerias pluviais favorecendo áreas de inundação que alteram o perfil praial	83
Figura 36: Formação de canal pelo esgoto na praia do Coqueirinho em Agosto de 2005 e Junho de 2006	84
Figura 37: Obras de engenharia costeira em Paracuru	84
Figura 38: Índice de segurança de Short e Hogan (1993) aplicado na praia de Paracuru	86

Figura 39: Percepção dos usuários em relação aos riscos do banho de mar em Paracuru	87
Figura 40: (a)Erosão no campo de dunas; (b) restaurante localizado no local teve seu muro destruído pelas ressacas no mês de janeiro de 2006	93
Figura 41: Processo de erosão na praia da Boca do Poço	94
Figura 42: Migração do campo de dunas sobre barracas na praia da Boca do Poço	94
Figura 43: Erosão na praia da Barra	95
Figura 44: <i>Seawall</i> e suas conseqüências.	97
Figura 45: Classificação da vulnerabilidade do litoral de Paracuru através da avaliação dos geoindicadores.	98

#### LISTA DE TABELAS

Tabela 1: População residente no município de Paracuru entre os anos de 1970 e 2000.	61
Tabela 2: Evolução da população de Paracuru entre os anos de 1970 e 2000.	64
Tabela 3: Compartimentação do litoral de Paracuru.	66
Tabela 4: Geoindicadores de risco do litoral de Paracuru.	91
Tabela 5: Percentual de vulnerabilidade da costa de Paracuru.	92

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
AQUASIS	Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CARTA SAO	Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo
COELCE	Companhia Energética do Ceará
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPH	Instituto de Pesquisas Hidroviárias
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IUGS	International Union of Geological Studies
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LAGEMAR	Laboratório de Geologia Marinha
LGCO	Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica
LMP	Linha Média de Preamar
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PRODETUR	Programa de Desenvolvimento do Turismo do Nordeste
PRODETURIS	Programa de Desenvolvimento do Turismo do Litoral do Ceará
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RN	Referencial de Nível
SAG	Sistema de Análise Granulométrica
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SETUR	Secretaria de Turismo do Estado do Ceará
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
UC	Unidade de Conservação
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFF	Universidade Federal Fluminense
UGI	União Geográfica Internacional
USACE	United States Army Corps of Engineers
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios das civilizações, a zona costeira exerce papel fundamental como berço de inúmeras cidades. A pesca, o comércio e o transporte foram as atividades pioneiras desenvolvidas nessas áreas. Atualmente o turismo, a ocupação e o lazer, despontam no cenário mundial como as principais atividades de uso e exploração da zona costeira.

A amenidade de suas características climáticas, grande disponibilidade e variedade de frutos do mar e a oportunidade de transportar pessoas e cargas foram os principais fatores que fizeram com que muitas cidades espalhadas pelo mundo se desenvolvessem em regiões costeiras (THURMAN & TRUJILLO, 1999). No entanto, são raros os casos em que a ocupação humana na faixa litorânea ocorreu de maneira adequada.

Em geral o manejo inadequado da zona costeira se traduziu em processos de erosão, assoreamento, transformações do perfil de praia, degradação das dunas, entre outros (ANDRADE, 1998). A dinâmica costeira é caracterizada por uma grande variedade de processos e pela interdependência entre eles. A análise integrada do litoral requer um conhecimento apurado de seus principais aspectos evolutivos e agentes modeladores.

Christofolletti (1980) cita que os fatores ambientais são atuantes sobre as formas de relevo das costas. Assim, os agentes naturais correlacionados com as intervenções antrópicas podem vir a causar impactos maciços ou irreversíveis no ambiente como é o caso de muitas praias do litoral cearense, as quais sucumbiram a processos de erosão de origem natural e/ou antrópico.

Devido à grande fragilidade natural e à intensa ocupação a que está submetida, a zona costeira merece uma atenção especial em estudos que busquem compatibilizar sua dinâmica natural com os processos de expansão das cidades e/ou de atividades ligadas ao desenvolvimento socioeconômico. Nesse sistema, fragilidade e instabilidade são precípuas peculiaridades. Em contrapartida, os ambientes costeiros apresentam potencialidades naturais referentes ao uso de seu patrimônio paisagístico e atrativos turísticos, atividades ligadas à pesca, exploração de recursos minerais e hídricos e implantação de rede viária e edificações (CAVALCANTI, 2003).

Segundo Maia (1998), “os processos costeiros que controlam a evolução da linha de costa são resultantes das interações entre os agentes propulsores e o meio físico que, em condições naturais podem alcançar um equilíbrio dinâmico”. Deste modo, interferências de

caráter externo tendem à desestabilização do sistema desencadeando diversos tipos de impactos na zona costeira.

De acordo com Paula (2006), o desenvolvimento acelerado das atividades econômicas nos ambientes litorâneos do Estado do Ceará, sem um planejamento de sustentabilidade prévio, tem causado diversos impactos em variadas escalas. A intervenção antrópica deficiente em estudos de conhecimento local, além de gerar impactos ambientais pode também levar a prejuízos sócio-culturais como a descaracterização de atividades tradicionais como pesca, moradia, etc.; e de ordem econômica aos donos de empreendimentos urbanos instalados na proximidade do litoral. Logo, o conhecimento da vulnerabilidade ambiental do ambiente costeiro é de salutar importância para a tomada de decisões, planos de manejo e gerenciamento costeiro integrado.

Os processos erosivos em costas sedimentares têm grande expressão no mundo. Segundo a União Geográfica Internacional (UGI) *apud* Lins-de-Barros (2005), 70% das costas sedimentares do mundo estão em processo de erosão.

O manejo de áreas litorâneas deve necessariamente levar em consideração os processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos como ferramentas de análise integrada do ambiente. É nesse contexto que se observa a importância dos estudos costeiros, que dão suporte ao desenvolvimento sócio-econômico tendo em vista a ordenação do território e a conseqüente melhoria da qualidade de vida da população local.

Por isso, o objetivo deste trabalho é analisar a interação dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos na classificação de Paracuru quanto a sua vulnerabilidade e no surgimento de áreas de risco, através da avaliação ambiental dos geoindicadores contribuindo efetivamente para solução de problemas não apenas ambientais, mas também sócio-econômicos. Isto implica no gerenciamento adequado dos ambientes costeiros, que pode prevenir situações críticas e propor diretrizes de manejo compatíveis com a vulnerabilidade de cada sistema.

Assim, os objetivos específicos são:

- Determinar a atual composição da faixa de praia com vistas a estabelecer a distribuição espacial das feições morfológicas e sedimentológicas;
- Avaliar a interação entre os processos hidrodinâmicos e morfodinâmicos na evolução da zona costeira;
- Conhecer e classificar os geoindicadores do litoral de Paracuru;

- Contribuir com sugestões úteis para o manejo e gestão dos recursos naturais litorâneos.

### 1.1. Localização da Área de Estudo

O município de Paracuru está localizado na Região Nordeste do Brasil, mais precisamente no Estado do Ceará a 87 km de Fortaleza (figura 01). O acesso ao município é feito pela BR-222/CE-341.

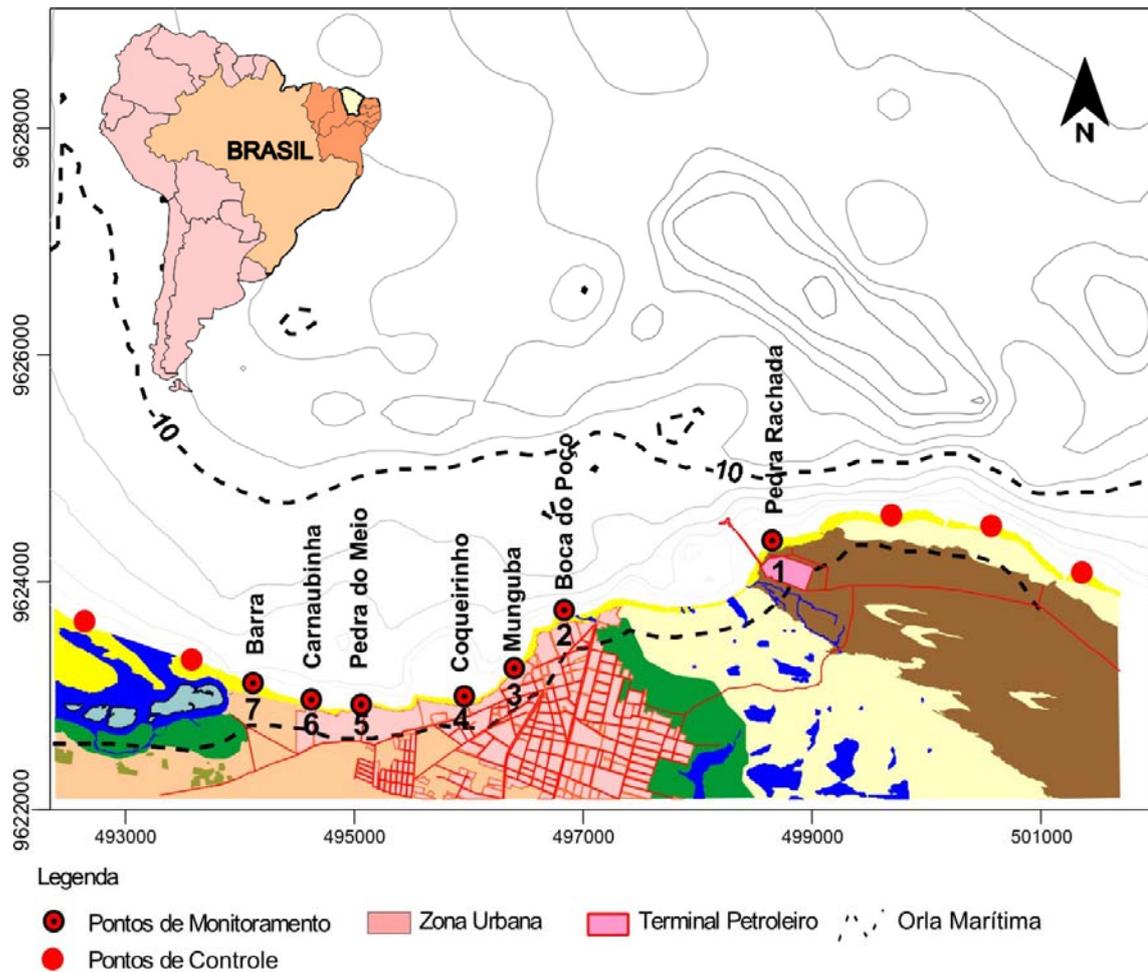


Figura 01: Mapa de localização e pontos de monitoramento.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A Dinâmica Ocupacional e Variáveis Socioeconômicas

No que diz respeito ao processo de ocupação no litoral brasileiro, sabe-se que a costa da região sul e sudeste desenvolveram-se antes da costa da região norte e nordeste, especialmente no tocante à infra-estrutura em meados do século XIX. A instalação de portos juntamente com estradas e ferrovias para melhorar o acesso e o fluxo de mercadorias entre os pólos portuários e cidades circunvizinhas, levaram à movimentação de capital e ao surgimento de novas relações sociais nesses espaços.

No Brasil, há uma forte tendência de migração de pessoas com idade avançada, em geral aposentadas, para a zona costeira e segundo Martine (1992), esse público tem buscado melhor qualidade de vida em cidades próximas ao mar. No entanto, essa busca não é exclusividade de homens e mulheres da terceira idade, indivíduos com faixa etária variada e elevada condição financeira buscam melhor qualidade de vida no litoral. Nesse sentido, os atributos da vida na zona costeira são vistos com bons olhos por empreendedores do setor de turismo e imobiliário. Setores como o de comércio e de serviços, desenvolveram-se amplamente na evolução da configuração espacial da zona costeira. No Estado do Paraná, Deschamps e Kleinke (2000), observaram que o mercado da construção civil, as facilidades de implantação de moradia e a proximidade da Região Metropolitana de Curitiba, foram fatores que estenderam ao litoral parte dos deslocamentos de destino metropolitano, como conseqüências, geraram outros deslocamentos oriundos do interior constituídos por trabalhadores e suas famílias, estes em geral são pobres e com idade produtiva, uma pequena porcentagem dessas pessoas supre a demanda de mão-de-obra do setor terciário, que presta serviços ao setor turístico.

No Ceará, a atividade turística tornou-se elemento determinante no desenvolvimento socioeconômico do Estado (CORIOLANO 2003, 2005 e 2006). A autora (2003), atenta para os limites do desenvolvimento e do turismo, sobretudo para a questão do desenvolvimento desigual ou concentrado que vem ocorrendo em algumas cidades cearenses, como produto dessa atividade.

Por um lado, o desenvolvimento do litoral é necessário para a economia de cidades à beira-mar, em contrapartida, esse processo pode ser preocupante quando realizado de forma

irregular e carente em estudos que compatibilizem a evolução da dinâmica natural do ambiente com a dinâmica produzida pelas relações sócio-espaciais.

Em seu estudo realizado na Espanha, Breton et al. (1996), verificou que em muitas praias metropolitanas, uma grande soma de capital é desperdiçada na tomada de ações na zona costeira sem conhecimento prévio do local, em geral, essas ações têm caráter empírico embasado em tentativas ou erros. Nesse contexto, conhecer quem é o usuário da praia, quais suas necessidades, suas opiniões sobre a praia, o que essas pessoas fazem na praia, qual sua percepção sobre a praia, o que eles acham sobre políticas já implementadas, ou qual praia eles gostariam de ter; tornou-se mais importante do que apenas estimar o número de freqüentadores da praia e saber os serviços e o que os atrai. Nesse sentido, essa compreensão é útil para subsidiar a implementação e os serviços de empreendimentos de grande porte que venham a ser ou já tenham sido implantados no local.

## **2.2. A Dinâmica Ambiental**

A planície litorânea é um ambiente de acumulação de origem recente na escala geológica, dominado pela morfogênese, onde o clima, a hidrologia, o relevo, a hidrografia, a vegetação, ou seja, os componentes geoambientais são elementos deliberativos na configuração espacial desse geossistema. Logo, a interferência na dinâmica desses elementos pode ocasionar uma alteração no sistema que leve à instabilidade. As pressões funcionam como forças catalisadoras de impactos ambientais na planície litorânea.

Atividades de expansão dos equipamentos urbanos, a pesca, a exploração mineral, dentre outras nesses geossistemas devem ser estudadas previamente, buscando uma forma adequada em sua implantação tendo em vista a fragilidade natural desse ambiente, fundamentalmente no que diz respeito aos processos de uso e ocupação. Neste contexto se destacam dos estudos de Souza (2000), Castro (2001), Souza et al., (2006), O Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará (Plano de manejo em publicação) e o Plano de Manejo da APA das Dunas de Paracuru (SEMACE, em publicação).

A diversidade de feições e a espacialização resultante das relações socioeconômicas encontradas na zona costeira, além da discussão acerca da definição de praia na literatura mundial, tornam difícil estabelecer os limites e o conceito do termo praia. Em geral, as praias são dominadas por ondas, contudo, também podem ser dominadas pelas marés. Segundo Davis (1978), praia “se define como uma zona formada por sedimentos inconsolidados que se

estende desde o limite máximo da ação das ondas até a ação da maré baixa”. Já Christofolletti (1990) diz que praia “é o conjunto de sedimentos, depositados ao longo do litoral, que se encontra em constante movimento”. Hoefel (1998) pondera praia como

(...) um depósito de sedimentos não coesivos e inconsolidados sobre a zona costeira, dominado primariamente por ondas e limitado internamente pelos níveis máximos de ação de ondas de tempestade ou pelo início da ocorrência de dunas fixadas ou de qualquer outra alteração fisiográfica brusca, caso existam; e externamente pela profundidade de fechamento de interna.

Komar (1976 *apud* HOEFEL *op.cit.*) define praia como:

(...) uma acumulação de sedimentos inconsolidados de tamanhos diversos, como areia, cascalho e seixo, que se estende, em direção à costa, do nível médio de maré baixa até alguma alteração fisiográfica como uma falésia, um campo de dunas ou simplesmente até um ponto de fixação permanente da vegetação.

Considerando as definições supracitadas, este trabalho concebe praia como ambiente composto por sedimentos consolidados (rochas de praia e plataformas de abrasão) e não-consolidados (areias, cascalhos e seixos), sob influência marinha (ondas e marés), continental e antrópica, limitada de onde não há mais transporte de sedimentos após a linha de maré baixa até a zona de pós-praia ou obstáculos como falésias, campo de dunas, etc.; como é o caso específico da praia de Paracuru.

O Sistema Costeiro (figura 02) é subdividido de acordo com a influência das ondas em:

- **Zona de Arrebentação** (*shoaling zone*) é a área onde as ondas se tornam instáveis e quebram, gerando as zonas de surfe e espraçamento;
- **Zona de Surfe** (*surf zone*) é a parte onde incidem as ondas resultadas da quebra na zona de arrebentação;
- **Zona de Espraçamento** (*swash zone*) é a área onde ocorre a subida e descida da água na praia.

E segundo a influência da maré:

- **Zona de Antepraia:** parte da praia que fica coberta inclusive na maré baixa, sendo exposta apenas em marés excepcionais.
- **Zona de Estirâncio:** é a zona que fica exposta na maré baixa e recoberta na maré alta.
- **Zona de Pós-praia:** é a zona que está fora da influência da maré, entretanto é alcançada apenas por marés excepcionais, ressacas ou ondas de tempestade.

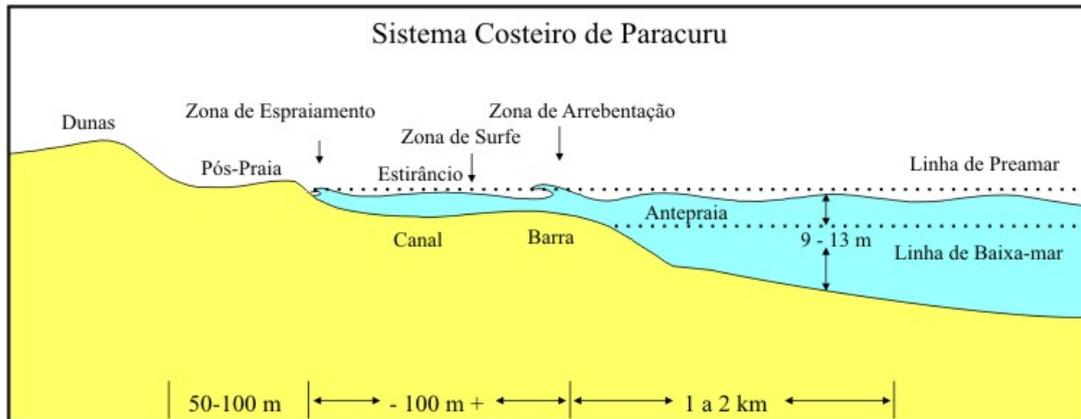


Figura 02: Elementos de um sistema costeiro. Adaptado de Short (1999).

Essas áreas são fortemente submetidas à constante influência das ondas e marés, onde a intensidade de ação destas determina as feições ali existentes. As faixas de praia formam depósitos de sedimentos alongados em grande parte das linhas de costa do planeta e são limitadas pelas linhas de preamar e baixa-mar, exibindo assim larguras variadas (Thornbury, 1954).

Onda é a transmissão de energia na superfície da água, o movimento dentro da onda é orbital e não há transporte nesse momento, o transporte ocorre quando a batimetria do terreno diminui, a onda perde estabilidade e quebra na zona de surfe. Estas funcionam como os maiores agentes erosivos das costas (Thornbury, op. cit.), associadas às oscilações das marés, modelam a costa ininterruptamente ao passo que são ferramentas dos fatores condicionantes à erosão marinha.

As ondas são os movimentos que mais influenciam na modelagem da costa, pois moldam as escarpas das falésias ou penhascos. A ação do solapamento é intensificada quando as ondas arremessam fragmentos de rochas favorecendo o processo de abrasão marinha. Christofolletti (1980) diz que esse processo se dá através da saca, ou seja, o “fluxo da água arremessada à praia após a arrebentação”.

O comportamento das ondas é um parâmetro determinante no planejamento e construção de obras costeiras como portos, obras de proteção da linha de costa, dentre outras estruturas costeiras (USACE, 1992). Além disso, as ondas são importantes fontes de energia para a formação de praias com variação sedimentológica na faixa de praia, transportando material de fundo no sistema continente-oceano e por serem os principais tensores para instalações de obras costeiras. Pond e Pickard (1983) citam que as ondas

(...) são pensadas freqüentemente com algum semblante de regularidade, e normalmente progredindo de uma região de formação para uma costa, onde elas são em geral dissipadas como surfe ou podem, em parte, serem refletidas.

Existem diversos tipos de ondas, com diferentes origens que não necessariamente podem ser vistas pelo olho humano. As ondas observadas na superfície do mar em geral, resultam da tensão de cisalhamento do vento. A altura e o período das ondas variam em função da pista sobre a qual o vento sopra (*fetch*) e do tempo que o vento sopra em determinada direção. Ondas do tipo *swell*, são aquelas que viajam para além as sua área de formação. Em águas rasas, as ondas sofrem processos distintos devido às influências da batimetria e/ou da morfologia costeira, são estes; refração e difração de ondas e as correntes de retorno.

A refração ocorre quando as ondas são deformadas pela configuração da batimetria podendo causar convergência ou divergência de energias e alcançam a linha de costa paralelamente, ou seja, o trem de ondas se ajusta à batimetria da costa como, por exemplo, ondas longas de pequena amplitude que viajam com mesma velocidade na água, em uma determinada profundidade, mas de acordo com as mudanças da profundidade do local, sua direção de viagem pode mudar (POND E PICKARD, 1983) e as isóbatas se ajustam à linha de costa a medida que diminui a profundidade resultando em ortogonais como na figura 03.

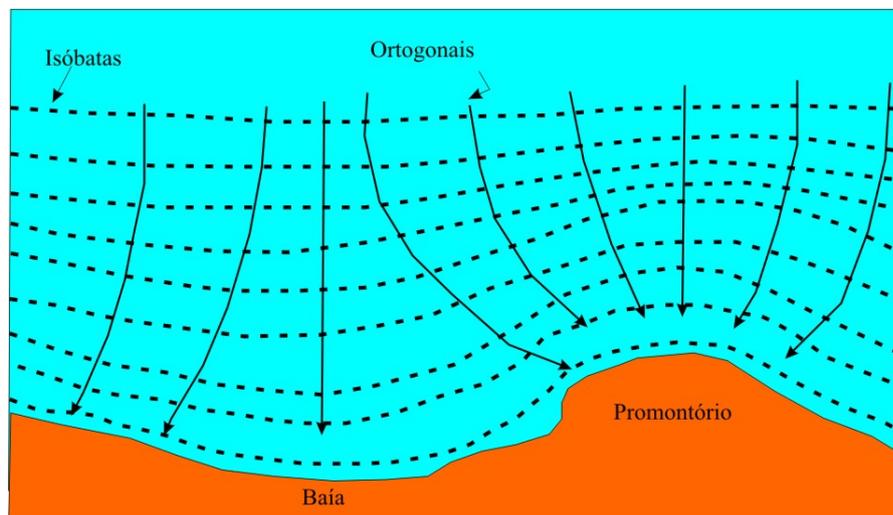


Figura 03: Processo de refração de ondas.

Adaptado de Pond e Pickard (1983).

Morais (1996) ressalta que difração de ondas “é o fenômeno em que a energia da onda é transferida lateralmente ao longo de uma crista de onda quando encontra uma barreira como um quebra-mar (...), ou promontório”.

A forma da arrebentação da onda resulta da interação de fatores como a altura e comprimento da onda e a declividade da praia. Galvin (1968 *apud* Hoefel *op. cit.*) classificou a quebra de ondas em:

- **Arrebentação Progressiva ou Deslizante** (*Spilling Breaker*) é característica de praias com baixa declividade, a onda desliza sobre o perfil praial e tem a energia dissipada através de uma larga faixa.
- **Arrebentação Mergulhante** (*Plunging Breaker*) é observada em praias com declividade que varia de moderada a alta. As ondas formam um tubo e quebram na costa, tem sua energia dissipada sobre uma pequena parte do perfil de praia.
- **Arrebentação Ascendente** (*Surging Breaker*) ocorre em praias com declividade bastante alta, onde a onda praticamente não quebra, ela ascende sobre a face de praia, interagindo com o refluxo das ondas anteriores.
- **Arrebentação Frontal** (*Collapsing Breaker*) é a quebra intermediária entre a arrebentação mergulhante e ascendente, desta forma torna-se difícil de serem identificadas, sua ocorrência se dá em praias com declividade abruptas.

As ondas são determinantes nas variações morfodinâmicas sazonais do perfil, bem como no transporte de sedimentos. Nesse sentido, pesquisadores australianos chegaram a um modelo que descreve a variabilidade espacial dos tipos de praia ( $\Omega$ ), classificando-as em seis estados ou estágios morfodinâmicos de acordo com a altura e período de ondas e o tamanho do sedimento.

Essa classificação divide-se em **refletiva (R)** ( $\Omega < 1,50$ ), com sedimentos que variam de areias grossas a médias, são caracterizadas por arrebentação do tipo ascendente, ondas com pouca altura, constante reflexão de ondas, sem barras arenosas, perfil com grande declividade e reduzido transporte de sedimentos. As praias intermediárias ( $1,50 < \Omega < 5,5$ ) subdividem-se em quatro tipos: Terraços de Baixa-mar (**TBM**), Barra Transversal (**BT**), Barra e Praia em Cúspide (**BPC**), Barra e Calha Longitudinal (**BCL**). As características das praias Intermediárias são: areias médias à finas, têm relação com ondas e períodos de razoável amplitude, arrebentação de mergulhante à deslizante, presença de uma ou mais barras

arenosas, circulação entre as células com correntes longitudinais, características de linhas de praia rítmicas e alto grau de mobilidade da praia. Por fim, as do tipo dissipativas (**D**) ( $\Omega > 5,5$ ), compostas por sedimentos finos, ondas grandes e com baixa reflexão, barras múltiplas que atenuam a energia das ondas, extensa topografia de berma e arrebenção do tipo deslizante (figura 04).

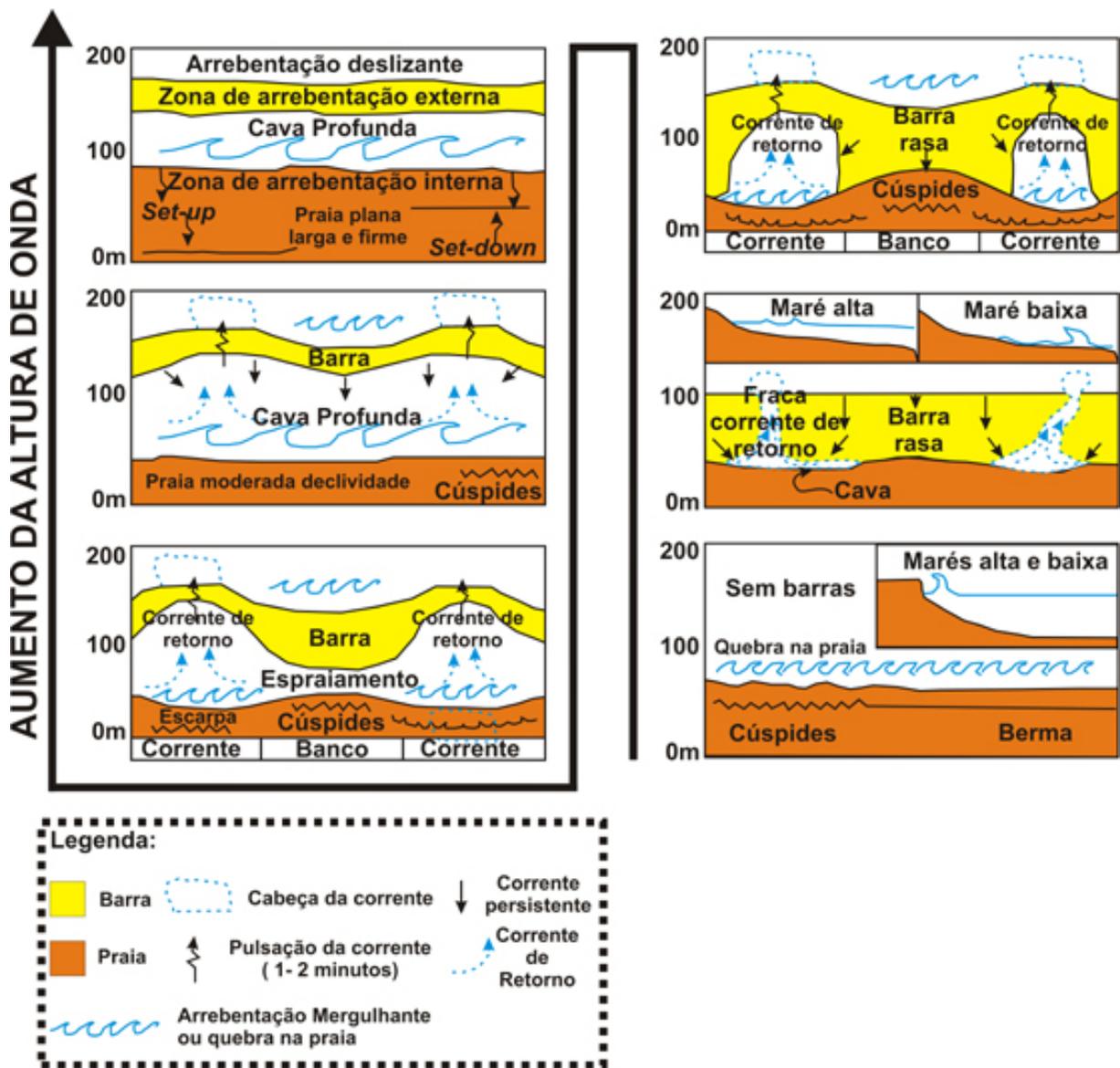


Figura 04: Características dos tipos de praia (R, BCL, BPR, BT, TBM e D), respectivamente.

Fonte: Adaptado de Short (1999).

Na costa do Ceará, merecem destaque os estudos sobre o papel transformador das ondas realizado por Moraes (1980), Pitombeira e Moraes (1974), Meireles e Moraes (1996),

Maia (1998), Morais (1998), Magalhães (2000), Pinheiro (2000), Pinheiro (2003) e Sousa et al. (2006).

As marés são elementos importantes a serem considerados no que tange ao transporte de sedimentos, além disso, sua oscilação interfere na morfologia da costa, pois transferem as zonas de arrebentação, surfe e espraiamento sobre o perfil da praia (Hoefel, 1998) e interferem substancialmente nos ecossistemas costeiros, como nos estuários, por exemplo. Segundo Davies (1964) *apud* Hoefel (1998), as marés se classificam como micro (<2m), meso (2 – 4m) e macro (>4m); posteriormente, Hayes (1979) *apud* USACE (1992) expandiu a classificação para: Micromaré (<1m), Baixa-mesomaré (1 – 2m), Alta-mesomaré (2 – 3,5m), Baixa-macromaré (3,5 – 5m), Alta-macromaré (3,5 – 5m) e Macromaré (>5m). Sabe-se que as marés também podem ser classificadas de acordo com sua influência. Podem ser do tipo maré diurna com regularidade de preamar e baixa-mar em um dia (24hs), maré semi-diurna que apresenta duas preamares e duas baixa-mares em um dia, com discrepância pouco significativa na altura e duração dos ciclos; e maré mista que também apresenta duas preamares e baixa-mares, porém com significativa diferença na altura e duração de cada ciclo.

As forças gravitacionais do sistema Sol – Lua originam dois tipos de maré: as marés de sizígia e de quadratura. As marés de sizígia ocorrem quando as forças dos astros estão alinhados formando uma linha reta, marcado pelas luas nova e cheia e as marés de quadratura ocorrem quando o Sol, a Terra e a Lua forma um ângulo de 90°, fazendo com que a força do Sol seja parcialmente anulada pela força da Lua, ocorrem nas luas crescente e minguante (figura 05).

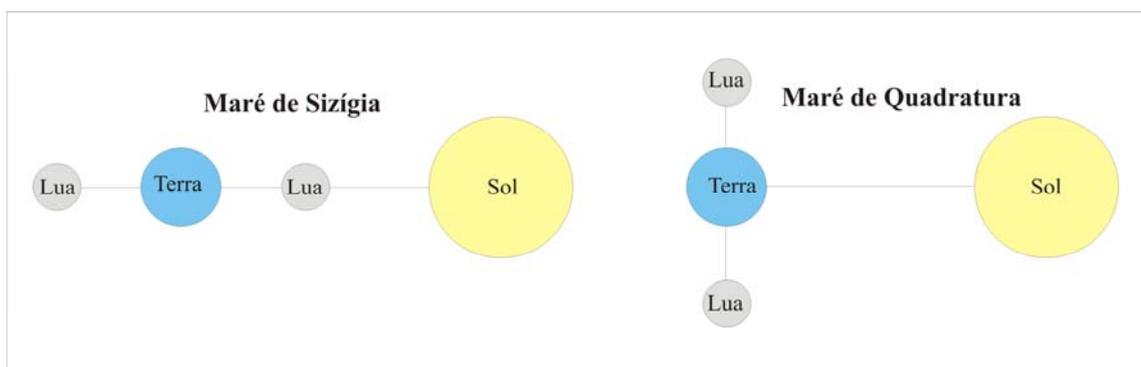


Figura 05: Marés de Sizígia e Quadratura.

Adaptado de Pond e Pickard (1983).

De acordo com Duarte (1997), em alguns casos, pode-se observar mudanças no tamanho da onda e na forma de arrebentação em função da oscilação de subida e descida da maré na zona de antepraia. Isto pode interferir na posição da arrebentação, culminando no aumento do montante de sedimentos jogados em suspensão pelas ondas a cada ciclo de maré (DAVIS, 1978 *apud* DUARTE *op. cit.*).

Por definição, todas as praias são dominadas por ondas e compostas de sedimentos (SHORT, 1999), entretanto a interferência da maré pode dar uma nova classificação à praia. Nesse sentido, Short (2003) diz que as praias dominadas por ondas ocorrem onde as ondas são altas relacionadas à oscilação da maré, que é o caso da Praia de Paracuru.

O conhecimento da força dominante no perfil, ou seja, se é controlado pelas ondas e ou marés, é importante nos planos de ocupação, reordenamento territorial e implantação de obras de proteção em áreas costeiras.

As correntes costeiras são conseqüências de parte da energia dissipada pelas ondas incidentes na zona de surfe. Logo, as correntes longitudinais (*longshore currents*) e correntes de retorno (*rip currents*) atuam na zona de surfe como ferramentas primordiais no transporte de sedimentos ao longo da costa e como agentes funcionais na modificação da morfodinâmica praial.

O ângulo formado com a costa em razão das transformações das ondas em águas rasas, fenômeno da refração de ondas, interage gerando um vetor de energia paralelo à linha de costa. Esse vetor energético é chamado de corrente longitudinal e de acordo com a equação de Longuet-Higgins (1970 *apud* MUEHE, 2002), tem relação com a altura da onda e o ângulo de incidência destas na costa.

Os movimentos de água e o transporte de sedimentos gerado pelas correntes longitudinais se dão dentro das zonas de arrebentação e surfe. Hoefel (1998) cita que o movimento gerado nesse tipo de corrente é intensificado da costa em direção ao oceano alcançando seu ápice no meio da zona de surfe, ressaltando que esse movimento não ultrapassa a zona de arrebentação, visto que as correntes longitudinais são comandadas pelas modificações das ondas nessa zona.

As correntes de retorno ocorrem transversal ou obliquamente à linha de costa (figura 06). São correntes superficiais formadas a partir do movimento de retorno das águas acumuladas na zona costeira que escoam através de depressões topográficas de uma barra ou pelo transporte de massas d'água em regiões longe dessas correntes (AAGAARD & MASSELINK *in* SHORT, 1999).

As correntes de retorno atravessam a zona de surfe até extinguirem-se gerando células de circulação. O acúmulo de água entre a barra arenosa e a linha de praia faz com que essa água seja lançada em direção ao mar, gerando os canais de retorno. Essas correntes geradas por esse processo são chamadas de correntes convergentes ou correntes de alimentação, (*feeder currents*) que geram e matêm o vetor de energia que realiza o transporte de sedimento e massa d'água em direção ao mar. As células de circulação, onde a energia gerada pela corrente de retorno é dissipada, sofre forte influência das correntes longitudinais.

É válido ressaltar que essas correntes representam forte ameaça aos banhistas, pois podem arrastá-los em direção ao mar, tornando-se responsáveis por grande número de afogamento de banhistas (SHORT, 1999).

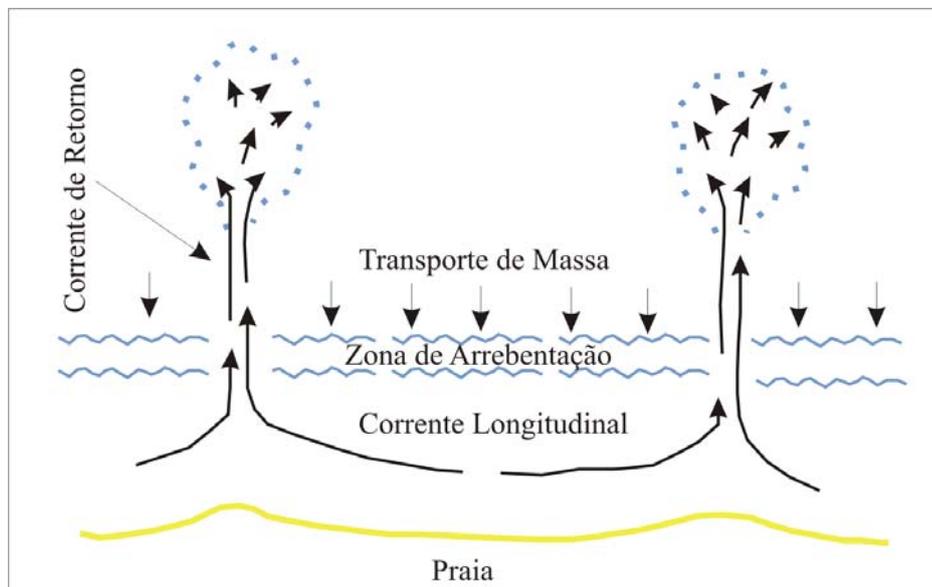


Figura 06: Esquema mostrando o funcionamento de correntes de retorno (*rip currents*).

Adaptado de Guerra (1994).

O transporte de sedimentos é realizado dentro da zona de surfe pelos movimentos gerados pela ação dos ventos, correntes e ondas. Segundo Morais (1996), esse transporte pode ocorrer de forma transversal, onde os sedimentos são colocados em suspensão pela energia de arrebentação da onda e trabalhados até o limite de ação do espriamento, e jogados novamente no sistema através do refluxo das ondas; e o transporte longitudinal que se dá pelas correntes longitudinais que carregam os sedimentos em sentido paralelo à linha de costa.

Segundo a International Union of Geological Studies (IUGS) *apud* Bush et al. (1999), Geoindicadores são medidas superficiais ou sub-superficiais dos processos e fenômenos geológicos que variam significativamente em períodos abaixo de 100 anos e que provêm

informações significativas para a avaliação do meio ambiente. Embora hajam inúmeras tecnologias avançadas que permitem o prognóstico do ambiente para a tomada de ações referentes ao manejo e gerenciamento costeiro, o monitoramento dessas áreas pode vir a ser demorado e dispendioso. A avaliação realizada através de geoindicadores apresenta uma gama de utilidades para planos de manejo, EIA e RIMAS, gerenciamento costeiro, implantação de obras ou atividades de expansão urbanas, dentre outras. Além de ser um método que não exige grandes despesas, rápido, funcional e eficaz para realização de atividades de curto, médio e / ou longo prazo no ambiente. Além de possibilitar a atualização da estabilidade ambiental com fins de gerenciamento ou mitigação de algumas áreas. A enumeração dos geoindicadores é de fácil manuseio tendo em vista que consiste em uma tabela e um mapa de vulnerabilidade da área em questão.

A discussão acerca de riscos, vulnerabilidade, impactos, e ações mitigadoras no ambiente costeiro é assunto de importância mundial retratada nos trabalhos de Bush et al. (1999), Harvey (1999), Tagliani (2003), Pinheiro (2003) e Lins-de-Barros (2005). A abrangência do termo risco diz respeito ao entendimento de que os efeitos das atividades ou decisões de cunho individual ou coletivo podem apresentar resultados imprevistos. Segundo Lins-de-Barros (2005), o risco nas zonas costeiras é muitas vezes associado ao perigo do mar, das ondas ou das correntes, contudo não se pode esquecer das interferências antrópicas que podem vir a amenizar ou intensificar esses riscos. Nesse sentido, a autora *op. cit.* considera que nas diferentes abordagens, o risco está sempre associado à probabilidade de determinado perigo gerar danos à sociedade, sejam estes materiais ou para a saúde e para a vida humana. Assim, os níveis dos riscos apresentados nesse trabalho, constituem indicadores de perda de sedimentos ou susceptibilidade à perda destes, concernente ao trabalho da dinâmica natural ou atividades antrópicas que são desenvolvidas no local.

O termo vulnerabilidade engloba grande número de variáveis que perpassam temas que variam de ambientais, a socioeconômicos, passando por culturais, dentre outros. Nesse sentido, o conceito de vulnerabilidade física é “o estado de fragilidade natural de determinada costa a eventos erosivos em curta ou longa escala temporal” (LINS-DE-BARROS, 2005). No presente estudo utilizou-se o conceito de vulnerabilidade voltado para os fatores ambientais físicos, enfatizando que estes sofrem influência direta do homem, onde a vulnerabilidade não pode ser de cunho exclusivo natural ou antrópico, mas sim a síntese das interações sócio-ambientais espacializadas em uma determinada área.

### 2.3. Compartimentação da Zona Costeira e Orla Marítima

O processo de erosão costeira, escopo deste estudo, corresponde à perda de largas faixas do território, tanto por processos naturais, quanto por ações antrópicas (desmatamentos, construções, extração de areia irregular ou outras interferências na dinâmica natural de sedimentos). Do ponto de vista morfológico, a erosão é o processo de transformação do perfil praiado, pela retirada ou perda de sedimentos. Todo processo erosivo a curto, médio ou longo prazo causa transformações significativas nesta importante feição de uma subunidade de gestão da Zona Costeira, denominada de Orla Marítima (MMA,2000).

A zona costeira é uma faixa, de largura variável que contempla um conjunto de ecossistemas contíguos conforme a Lei nº 8.617, de 04/01/93. A segunda versão do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II) especifica esta definição, delimitando zona costeira em: 1) na faixa marítima, o mar territorial, com limite nas 12 milhas náuticas contadas da linha de base da costa; 2) na faixa terrestre, considera-se todo o território dos municípios qualificados como costeiros. O Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro utilizou o critério político-administrativo para o enquadramento de todo o município de Paracuru, como zona costeira.

A orla marítima pode ser definida como unidade geográfica inclusa na zona costeira, delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar (MMA,2002, Guerra, 2006). Esse ambiente caracteriza-se pelo equilíbrio dinâmico, no qual interagem fenômenos terrestres e marinhos, sendo os processos geológicos e oceanográficos os elementos de conformação dos principais tipos de orla. O espaço da Orla pode ser formado por uma porção aquática (zona submersa) que vai da isóbata de -10 m até a distância de 200 m em locais não-urbanizadas e 50 metros em locais com urbanização na área terrestre em relação aos terrenos de marinha (zona emersa). Os terrenos de marinha por sua vez são os delimitados a partir da Linha de Preamar de 1830 e ou da influência da linha de preamar média. Na área em estudo, optou-se pela distância de 200 m da linha de preamar para a classificação da orla marítima.

No que se refere à gestão de bens públicos e particulares nos espaços costeiros, o conhecimento da posição da Linha Média de Preamar (LMP) é fundamental conforme especifica os artigos 20 e 26 da Constituição Federal. Para o Projeto de Gestão Integrada da Zona Costeira (Projeto Orla), têm maior relevância os terrenos situados no litoral, destacando-se os terrenos de marinha e seus acréscimos, cuja conceituação está especificada nos artigos. 2.º e 3.º, do Decreto-lei 9.760/46, que diz:

*"Art. 2º - São terrenos de marinha, em uma profundidade de 33 (trinta e três) metros, medidos horizontalmente, para a parte da terra, da posição da linha do preamar médio de 1831:*

*a) os situados no continente, na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas, até onde se faça sentir a influência das marés;*

*b) os que contornam as ilhas situadas em zonas onde se faça sentir a influência das marés. Parágrafo único. Para os efeitos deste artigo a influência das marés é caracterizada pela oscilação periódica de 5 (cinco) centímetros pelo menos do nível das águas, que ocorra em qualquer época do ano.*

*Art. 3º - São terrenos acrescidos de marinha, os que se tiverem formado, natural ou artificialmente, para o lado do mar ou dos rios e lagoas, em seguimento aos terrenos de marinha."*

Uma das dificuldades de se estabelecer com precisão a Linha de Preamar Média de 1831 é a inexistência ou disponibilidade restrita dos documentos cartográficos e registros históricos das marés na costa setentrional do Nordeste. Isto também pode ser explicado pelo processo de urbanização tardia, em relação à costa oriental do Brasil. No caso de Paracuru, a delimitação da linha de Preamar Média de 1831 demandaria muitos esforços, talvez vários anos, considerando as dificuldades acima mencionadas. A Linha de Preamar Média, sob o foco da interação dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos também é considerada como linha de costa como a linha que forma o limite entre a costa e a praia, ou seja, comumente é a linha que forma o limite entre a terra e a água em uma região costeira, neste caso é quase sinônimo de linha praial (*shoreline*) (SUGUIO, 1992).

De acordo com Reading & Collinson (1996 in DUARTE, 1997), linha de costa é uma feição local e transitória, senso obviamente um limite geomorfológico. O MMA (2002) admite que a linha de costa é representada pelo limite entre a terra e a água e suas diversificações são produto das relações entre os processos físicos e o substrato. Considerando a necessidade de planejamento para ordenação e reordenação da orla marítima e zona costeira, frente à magnitude dos processos erosivos em relação à subida do nível do mar e estabilização de fontes de sedimentos pela urbanização, a definição de linha de costa converge daquela proposta pelos diversos autores citados acima, onde a linha de costa é a linha que faz fronteira entre a praia e o oceano, na qual a LMP é mister na tomada de decisões para qualquer intervenção na zona costeira. Por isso, foi utilizada como base neste trabalho a linha média de preamar de sizígia, considerando também os períodos de equinócios.

### 3. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

O roteiro metodológico a seguir apresentado sintetiza os procedimentos adotados para a concretização dos estudos. Para a obtenção dos resultados, o método encontra-se subdividido em dois tópicos, o primeiro descreve os procedimentos técnicos para a obtenção de dados empíricos através de coletas de materiais, campanhas experimentais e análises laboratoriais, e o segundo consiste na integração dessas análises (Figura 07).

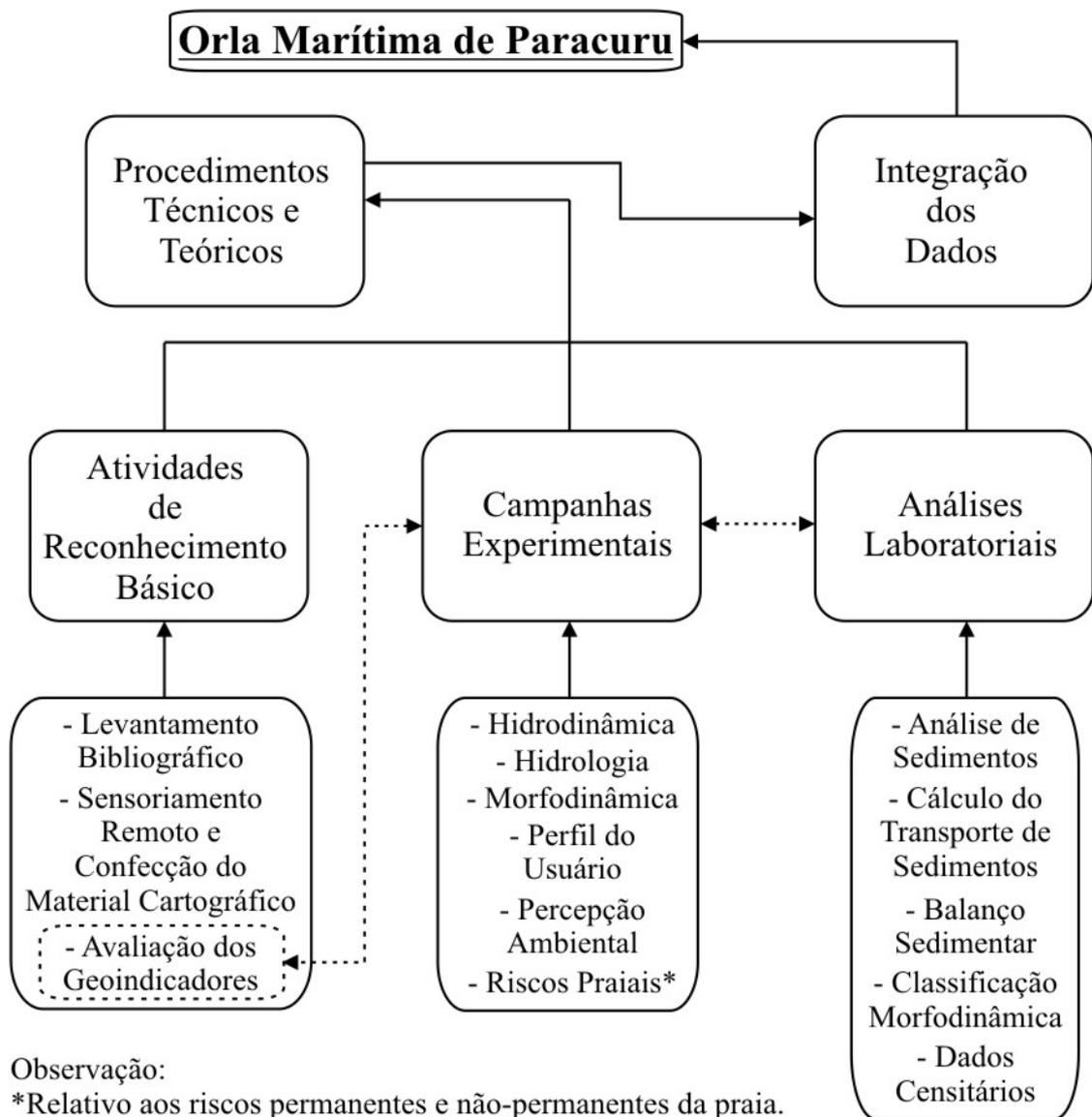


Figura 07: Fluxograma metodológico.

### **3.1. Procedimentos Técnicos**

#### **3.1.1. Atividades de Reconhecimento Básico**

##### **3.1.1.1. Levantamento Bibliográfico**

Para a realização desta pesquisa foram efetuados levantamentos bibliográficos das séries históricas locais e regionais das variáveis climáticas, estrutura geológica, variação da linha de costa, variação do nível relativo do mar, distribuição fitogeográfica e processos associados, sendo, para isso, consultadas a biblioteca da Universidade Estadual do Ceará (UECE), a biblioteca de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará (UFC) e as bibliotecas setoriais de instituições tais como: Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFC, Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE).

##### **3.1.1.2. Sensoriamento Remoto e Confecção de Material Cartográfico**

A aplicação das técnicas de sensoriamento remoto possibilitou o conhecimento do arranjo espacial dos principais componentes geomorfológicos, como mangues, rios, campos de dunas, planície de deflação, tabuleiros pré-litorâneos, riscos permanentes aos usuários, bem como, identificar as principais formas de uso e ocupação do solo. Para isto foram utilizadas imagens de satélite ETM – *LANDSAT 7* na órbita 217.062 com resolução de 15 m, do ano de 2001 cedidas pela FUNCEME e imagens *QUICK BIRD* de 2003 com resolução de 0,6 m, cordialmente cedidas pelo LABOMAR e SEMACE. Estas foram úteis para a elaboração do mapa base. Através do programa *ArcView 8.0* da *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*, foi possível trabalhar essas imagens na escala de 1: 35.000. O programa *Surfer 8.0* proporcionou a confecção do mapa de vulnerabilidade aos riscos e perigos costeiros do litoral de Paracuru.

A batimetria e os perfis batimétricos da plataforma interna (até  $\approx -10$  m) ao largo de Paracuru foram obtidos através de arquivos digitais da Folha No. 600, gentilmente cedidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e

Navegação (DHN) da Marinha do Brasil. Os dados das isóbatas foram checados e corrigidos com os dados da carta impressa No. 600, atualizada em 2001.

### **3.1.2. Campanhas Experimentais**

Para o estudo da zona costeira do município de Paracuru selecionou-se 7 pontos de monitoramento realizados de agosto de 2005 a julho de 2006. Os locais visivelmente susceptíveis à erosão como pontos a oeste de promontórios ou enseadas, foram utilizados como critério para a escolha dos pontos. Os experimentos de campo foram realizados durante as baixa-mares das marés de sizígia, em razão da maior amplitude geradas nessas marés.

#### **3.1.2.1. Processos Hidrodinâmicos e Características Hidrológicas**

Levando em consideração a homogeneidade do comportamento climático que se apresenta de forma bipolar representada pelas estações de chuva e estiagem respectivamente, decidiu-se trabalhar alguns parâmetros como pluviometria, amplitude de marés, ondas, temperatura e ventos nesta perspectiva.

Foram efetuadas análises das séries históricas das amplitudes de marés nos portos do Mucuripe e Pecém para fins de classificação regional. A análise das informações obtidas na área no período de monitoramento foi comparada com as médias mensais de amplitude das marés no Porto do Pecém e as obtidas no trabalho de Leal (2003) realizado na costa de Aracati, litoral leste do Ceará.

Para obtenção da altura das ondas utilizou-se uma mira posicionada na zona de espraiamento, onde se procurou alinhar a crista da onda com a linha do horizonte e definir a diferença entre a crista e a cava, ou seja, o valor da altura. Através da medição de dez ondas consecutivas obteve-se a altura média. O período das ondas, que corresponde à passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um mesmo ponto fixo, foi obtido através da leitura do tempo de 11 ondas consecutivas, medindo-se 10 períodos com o auxílio de um cronômetro. A direção do trem de ondas foi realizada com o auxílio de uma bússola e de um nível topográfico. Para o balizamento dos dados obtidos em campo foram utilizadas as informações espectrais das ondas receptadas pelo medidor do tipo *Waverider* direcional, instalado a 18 m de profundidade na praia do Pecém, no mesmo horário do monitoramento. Para isto, foi observada uma média de 365 ondas no dia e hora das medições em campo. Essas informações

foram cedidas pela base do Instituto Nacional de Pesquisa Hidrográfica localizadas no distrito de Pecém.

### 3.1.2.2. Contexto Morfodinâmico

Adotando os métodos sugeridos por Emery (1961) e Muehe (2002) foram realizados perfis morfodinâmicos da faixa de praia a fim de definir, através das principais feições morfológicas, áreas de recuo e progradação da linha de costa e transporte transversal de sedimentos. Os perfis de praia foram realizados perpendicularmente a linha de costa através de um nível topográfico da marca *DSZ3 Serie* com o auxílio de uma mira topográfica de 5 m de altura (figura 08). A cada 10 metros ou em cada flexão do terreno foram realizadas leituras. O Referencial de Nível (RN) e as cotas do perfil foram estabelecidos em relação ao zero da DHN. A partir disto foi possível unir as informações do perfil emerso com as do perfil submerso, obtidos pelas cartas da DHN até a cota -10, limite interno da Orla Marítima.



Figura 08: Realização de perfil de praia com tripé, nível e mira topográficos. As leituras foram obtidas a cada 10 m ou nos pontos com diferença na morfologia praial.

Foi utilizado um clinômetro de marca *SMARTTOOL* calibrado em laboratório, para se obter a declividade do estirâncio, complementando assim as medições topográficas da costa. A cada dois meses de monitoramento, foram realizadas coletas de sedimentos concomitantes aos perfis topográficos nas regiões de antepraia, estirâncio e pós-praia. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas para a realização de análises

laboratoriais. O apoio logístico para os trabalhos de campo foi do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará.

### **3.1.2.3. Perfil do Usuário, Percepção Ambiental e Riscos Praiais**

Os dados sobre o perfil socioeconômico do usuário da praia (moradores locais, turistas, visitantes e ambulantes) e a percepção sobre os riscos praias foi obtidas através da aplicação de questionários semi-estruturados aplicados no período de alta estação em função do maior fluxo de pessoas no local. Os locais escolhidos foram os de maior frequência de usuário, buscando conciliá-los com os pontos de monitoramento.

O questionário é composto por dezoito (18) perguntas básicas e foram aplicadas em um universo de quarenta (40) pessoas com faixa etária mínima de 15 anos de idade, que estavam em momentos de lazer na praia. As perguntas foram organizadas de um modo que permitisse a obtenção de dados quantitativos e qualitativos sobre o perfil do usuário e sua percepção às condições de saúde da praia, bem como sua compreensão em relação aos riscos potenciais presentes em Paracuru (Vide anexos).

### **3.1.3. Atividades de Laboratório**

#### **3.1.3.1. Análise de Sedimentos**

Os sedimentos coletados em campo foram analisados em laboratório para a obtenção de dados estatísticos para determinar o tamanho médio do grão, classificação textural, curtose e assimetria das amostras. Os procedimentos utilizados foram: peneiramento mecânico e úmido de 100 g do material coletado conforme metodologia descrita em Suguio (1973 e 2006). Para isto foram utilizados tubos de sedimentação e agitadores magnéticos de peneiras da marca *PRODUTEST*. A escala utilizada para a separação das frações granulométricas foi a de Wentworth (1922) *apud* Suguio (2006). Essas informações foram inseridas no *software* SAG (Sistema de Análise Granulométrica) desenvolvido pelo LAGEMAR da UFF, que possibilita a classificação da amostra segundo Shepard (1954). Nas amostras de sedimento de Paracuru foi utilizada a classificação de Shepard (op. cit.), mais usual nos estudos de morfodinâmica de praias.

### 3.1.3.2. Percentual de Ocupação da Orla

A estimativa da taxa de ocupação da Orla Marítima de Paracuru foi baseada no cálculo do percentual da área ocupada nas proximidades de cada ponto. Esses valores foram encontrados com o auxílio do programa *Auto Cad 2000*. Onde se delimitou uma área de 200 m da praia em direção ao continente para calcular o percentual de ocupação em cada ponto.

### 3.1.3.3. Cálculo do Volume do Perfil da Praia

O cálculo do volume do perfil praial foi realizado no programa *Surfer 8.0*, para tanto se utilizou a cota e a extensão média de cada ponto e a partir disso obteve-se o balanço sedimentar dos pontos em cada mês monitorado.

### 3.1.3.4. Cálculo do Transporte Longitudinal de Sedimentos

No Laboratório de Processamento de dados do LGCO foi feito o cálculo do transporte longitudinal dos sedimentos da praia de Paracuru. Para isto foram utilizados os dados de altura, período e direção de ondas, obtidas em campo e corrigidas com as séries históricas do porto do Pecém e dados de estudos pretéritos.

A altura e obliquidade de incidência de ondas na zona de arrebentação compõem a velocidade da corrente longitudinal (LONGUET-HIGGINS, 1970 *apud* MUEHE, 2002). O cálculo da velocidade da corrente foi obtido através da equação:

$$\bar{V}_1 = 1,19(gH_b)^{0,5} \text{sen}\alpha_b \cos\alpha_b \quad (1)$$

Onde:  $g$  a aceleração da gravidade ( $9,81\text{m/s}^2$ ),  $H_b$  a altura de ondas na arrebentação (m) e  $\alpha_b$  o ângulo de incidência de ondas ( $^\circ$ ).

Para estimar o volume de areia transportado ( $Q_s$ ) é necessário conhecer a energia e ondas ( $E$ ) e a celeridade ( $C$ ). A energia ( $\text{j/m}^2$ ) de ondas é dada pela equação:

$$E = \frac{1}{8}(pgH_b^2) \quad (2)$$

Onde:  $p$  é densidade da água do mar ( $1032 \text{ kg/m}^3$ ).

A celeridade (m/s) é a velocidade de grupo das ondas ( $C_n$ ), entretanto, segundo Muehe (2002),  $n$  é igual a 1 em águas rasas, dessa maneira a celeridade é estabelecida pela equação:

$$C = \sqrt{g(2H_b)} \quad (3)$$

Assim, o volume de sedimentos transportado (m<sup>3</sup>/dia) é dado pela equação (KOMAR, 1983 *apud* MUEHE 2002):

$$Q_s = 3,4(EC_n)_b \text{ sen } \alpha_b \text{ cos } \alpha_b \quad (4)$$

### 3.1.3.5. Balanço Sedimentar do Perfil e Classificação Morfodinâmica

O balanço sedimentar, oriundo do transporte transversal de sedimentos, foi calculado através da ineterpolação *kriging* dos dados de distância, cota e largura do perfil através. As cotas máximas e mínimas das distâncias e cotas foram padronizadas em razão de se manter uma área uniforme.

A partir da integração dos dados de hidrodinâmica, sedimentologia e perfis de praia, os setores praias foram enquadrados nos estágios de morfodinâmica praias propostos por Wright & Short (1984) utilizando o parâmetro de Dean (1973). A equação para a obtenção deste parâmetro é descrita como:

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s T} \quad (5)$$

Onde:  $\Omega$  é o parâmetro adimensional da queda do grão;  $H_b$  é a altura da quebra de ondas;  $W_s$  é velocidade de queda;  $T$  é o período de ondas.

Conhecer a mobilidade natural da praia é útil para evitar diversos impactos diretos na faixa de praia, como aqueles verificados na praia de Caponga por Pinheiro (2000), onde o processo erosivo resultou no recuo da linha de consequentemente no ataque direto das ondas nas estruturas instaladas no local. Além disso, a variabilidade geográfica do tipo de praia torna-se ferramenta imprescindível na prevenção e diminuição de acidentes ao identificar as áreas potencialmente perigosas para o banho de mar.

### 3.1.3.6. Levantamento de Dados Censitários e Metadados

Esta etapa consistiu na organização de dados digitais e metadados disponíveis em órgãos públicos. As séries históricas das variáveis que controlam os processos costeiros, tais como: precipitação, umidade, temperatura e ventos foram obtidos do banco digital da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) através de *downloads* do sítio eletrônico: <http://www.funceme.br>. As séries históricas das marés foram obtidas do site da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) através do site <http://www.dhn.mar.mil.br/>. Os dados de ondas e marés registrados no porto do Pecém no dia da realização das coletas foram obtidos de relatórios impressos do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH).

Os dados sobre as variáveis socioeconômicas e de uso e ocupação da área foram obtidos do CENSO (2000) e dos Anuários do IPECE (<http://www.ipece.ce.gov.br/>) e IBGE (<http://www.ibge.gov.br/>).

### 3.2. Análise dos Dados

Os dados climáticos e os oceanográficos obtidos em campo e em séries históricas foram analisados através do Teste-T, para avaliar as relações sazonais. Esse mesmo teste foi aplicado para os dados de direção, velocidade e período de ondas coletados nos pontos de monitoramento costeiro, com os registrados na estação do INPH no Porto do Pecém no mesmo dia e hora da amostragem. Os dados de corrente e dos ventos foram representados na forma de vetores, onde o ângulo indica a direção e o comprimento do vetor e a intensidade da corrente em m/s, respectivamente.

Os dados de batimetria, e as variáveis da dinâmica praial tais como: taxa de erosão, declividade, tamanho do grão, taxa de ocupação, largura do perfil, morfodinâmica e riscos foram organizados em uma malha uniforme onde através do método de interpolação *kriging*, foi possível analisar a variação espacial dos dados. Essa malha foi empregada na obtenção das isolinhas de cada propriedade. Todas as direções contidas neste trabalho são relativas ao Norte Verdadeiro ou Norte Geográfico, com uma declinação magnética local de 1981-2002 de 23,65° W. Medidas do nível da água foram feitas relativas ao zero da DHN. A normatização textual e bibliográfica foi feita seguindo as recomendações da ABNT – NBR 147724/2002. Os impactos foram identificados a partir de observações em campo. Os impactos e prejuízos

foram agrupados de acordo com o tensor que lhes originou, possibilitando a confecção de uma matriz de correlação baseada no modelo sistêmico de Christofolletti (1999). Na avaliação do impacto ambiental foram considerados dois critérios: o qualitativo e o quantitativo. Na análise qualitativa foram analisados os efeitos ambientais, enquanto que na quantitativa foram definidos parâmetros numéricos.

## **4. COMPARTIMENTAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA ZONA COSTEIRA DE PARACURU**

### **4.1. Zona Submersa (Linha de costa até a cota -10 m)**

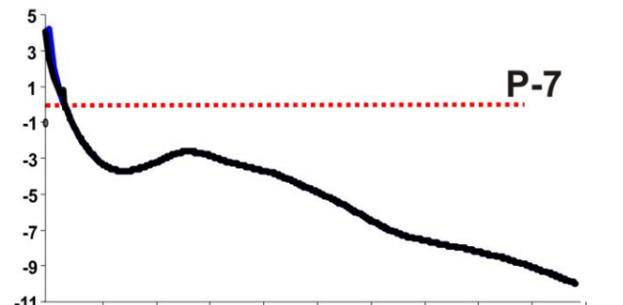
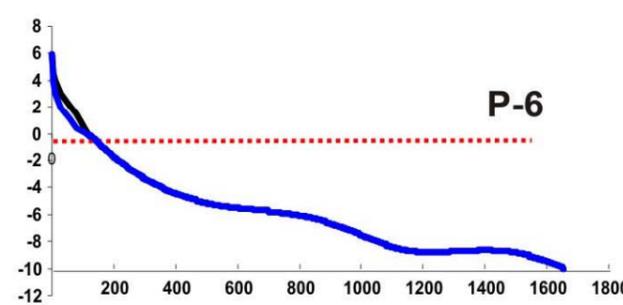
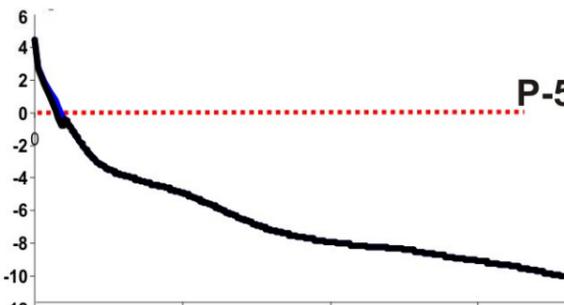
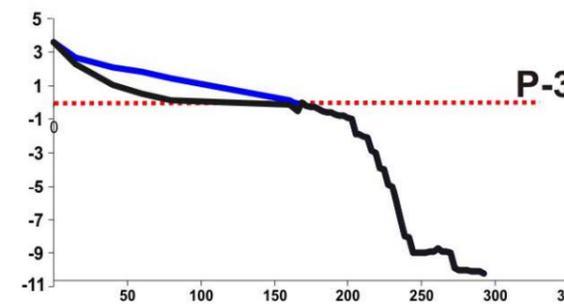
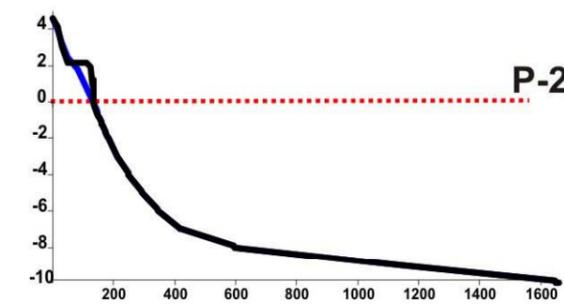
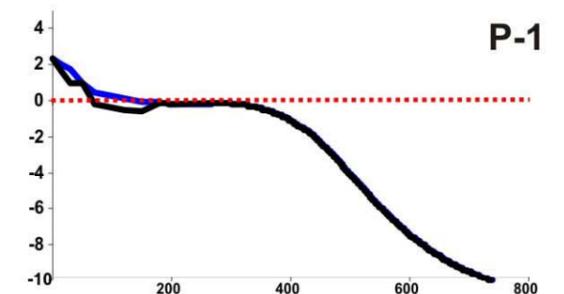
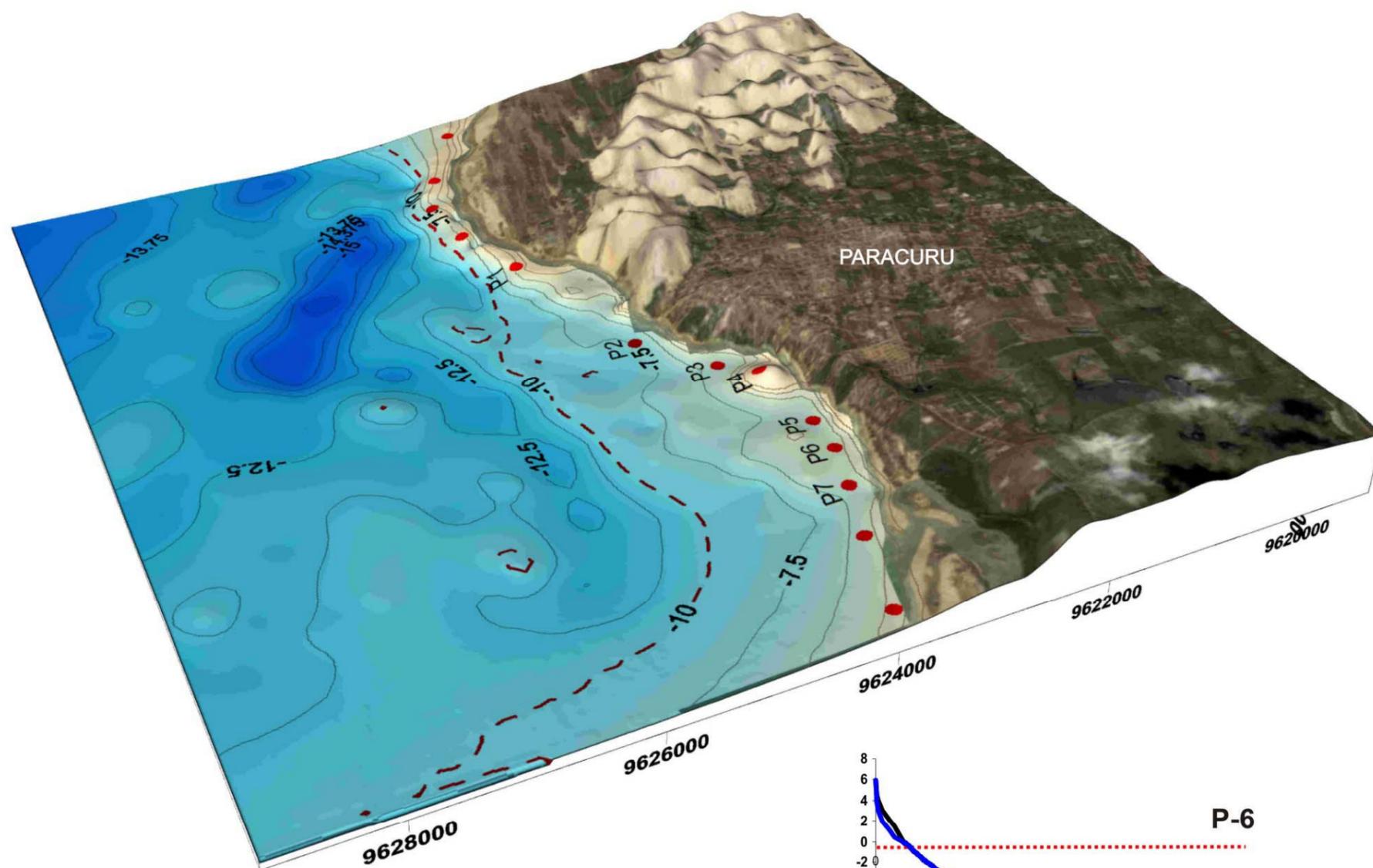
A plataforma continental do Ceará pode ser dividida em plataforma interna, variando de 0 a 20 metros, onde predominam a fácies arenosa e quartzosa, e plataforma externa que vai desde a isóbata de 20 metros até a quebra da plataforma, o que ocorre numa profundidade média de 60 metros (MORAIS e FREIRE, 2003). A plataforma continental cearense apresenta uma largura média de 63 km, com um máximo de 101 km de extensão nas imediações de Camocim (Setor Extremo Oeste), e estreitando-se de forma progressiva em direção ao Rio Grande do Norte, com largura mínima de 41 km em Tremembé, município de Icapuí (Setor Leste) (MORAIS e PINHEIRO, 2006).

Em quase toda a sua extensão, junto à linha de costa, encontra-se um pequeno declive, que é característico e constante. Esse declive é o gradiente de passagem da parte emersa para a plataforma propriamente dita. É normalmente estreito e nas proximidades de Fortaleza apresenta sua largura mínima, a partir daí alargando-se tanto para oeste como para leste, chegando a ter 8 km de largura (FREIRE e MAMEDE, 1998). Esse primeiro declive abrange a cota batimétrica de 0 a 15 metros, tendo uma maior frequência na isóbata de 10 metros, com declividade média em torno de 1:670. O mesmo pode ser observado na Plataforma Interna de Paracuru, cujos maiores declives são perceptíveis a partir da cota -9, exceto no ponto 3.

Na análise da área submersa foi considerando a definição de Orla Marítima pelo MMA (2005), que vai da isóbata de aproximadamente -10 m até 200 m da linha de preamar de sizígia de 1830 (figura 09). A distância da isobata de -10 m e da linha de costa variou de 300 m a 2 km, com maiores valores observados no interior da enseada e menores nas adjacências do píer de atracação da Petrobras. A morfologia é plana, com pequenas discontinuidades associadas aos afloramentos de rochas de praia e por bancos arenosos. As depressões mais significantes são localizadas entre as cotas de -12 e -13 metros em frente à base da Petrobras, com profundidades máximas de 15 m. No setor 1, as rochas de praia são paralelas à linha de costa cuja discontinuidade é responsável por perturbações na refração de ondas, com conseqüente erosão nos pontos de controle 1 e 2. Essas rochas são formadas fundamentalmente por sedimentos areno-quartzosos cimentados por carbonato de cálcio

(MORAIS, 2000). A cobertura sedimentar é basicamente de sedimentos areno-quartzosos, com manchas de depósitos coralíneos a partir da cota -12 m defronte a ponta de Paracuru.

# PERFIL AÉREO E SUBMERSO DA PRAIA DE PARACURU



FONTE: Perfis de Praia Mensais (2005-2006)-LGCO (UECE)  
 Cartas de Bordo da DHN - Folha No.600 (Atualizada 2001)  
 Levantamento Planialtimétrico (LGCO)  
 Altimetria (CPRM)

Figura 09: Perfil Aéreo e Submerso da Orla marítima de Paracuru.

## 4.2. Zona Emersa

A orla estudada compreende 5,5 km de extensão de faixa de praia com sedimentos consolidados e inconsolidados bordejada por campos de dunas móveis, falésias vivas, plataformas de abrasão, vegetação e áreas de embarcação da indústria de petróleo e ocupação urbana. É marcada, assim como grande parte da linha de costa do Estado do Ceará, por uma seqüência de enseadas abertas, formadas pelos processos naturais de refração e difração de ondas nos promontórios rochosos e/ou pelas escarpas formadas na parte basal da Formação Barreiras. No município de Paracuru, mais de 60% da população reside na zona urbana (IBGE, 2000).

Considerando os limites continentais previstos no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, grande parte da orla de Paracuru encontra-se restrita nos domínios da Planície Litorânea. Estudos realizados por Tessler e Mahiques (2000) indicam que a origem das planícies litorâneas está relacionada ao suprimento de areia, corrente de deriva litorânea, variação do nível do mar durante o Quaternário Recente e obstáculos para a retenção de sedimentos. Segundo Freire e Cavalcanti (1999), a Planície Litorânea do Ceará teria se originado pelo suprimento de areias provenientes da erosão de falésias da Formação Barreiras, bem como pelas variações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Estes ambientes ao longo do processo evolutivo foram e são modelados pela ação dos ventos, correntes, marés e ondas resultando nas principais feições fisiográficas existentes. Na área de estudo, esta unidade de paisagem compreende a faixa de terras emersas do Quaternário formadas pelos campos de dunas móveis, planícies lacustres, planícies de deflação eólica, Planícies Fluvio-marinhas do rio Curu e pelas praias (SOUZA, 1998 e MORAIS, 2000).

Os campos de dunas são feições muito comuns em litorais que apresentam elevada disponibilidade de sedimentos arenosos. O primeiro trabalho tratando da sedimentação e transporte de sedimentos eólicos na costa do Ceará foi realizado por Morais e Souza (1971), seguido por outros como Morais e Pitombeira (1974), Morais et al., (1979), Smith e Morais (1984), Meireles (1997), Maia (1998), Castro e Gonçalves (2003). Os depósitos eólicos recentes são formados por areias médias a finas com coloração esbranquiçada posicionadas geralmente de forma paralela à linha costa. As dunas do tipo transversal com alturas que variam de 13 a 25 m são predominantes no local. Verificou-se também, na área estudada, uma outra geração intermediária com ocorrência entre a faixa praial e o campo de dunas móveis constituídos por sedimentos bioclásticos denominados de eolianitos. Os eolianitos têm a sua

distribuição associada às zonas áridas e semi-áridas de muitas regiões do mundo, particularmente em áreas costeiras com grandes acumulações de areias biogênicas (PYE, 1983).

Em estudos realizados por Maia (1998), nos eolianitos do Estado do Ceará, predominam como componente principal o quartzo (48 - 51%), com granulometria entre (0,1 a 0,6 mm) e grau de arredondamento entre subarredondados a arredondados. O conteúdo total de carbonato de cálcio varia entre 10 e 14%. Segundo o autor *op.cit.*, as características gerais dos eolianitos indicam que a cimentação se realizou em ambiente continental e sem influencia direta da água do mar.

É importante destacar que o campo de dunas é uma das principais fontes de abastecimento sedimentar na enseada de Paracuru e que a interrupção do fluxo de sedimentos nessa direção pode causar o recuo da linha de costa em longo prazo. Atualmente o fluxo de sedimento eólico entre a área a barlar e sotamar do pontal é realizado através da deflação na pós-praia. O deslocamento das dunas verificou-se em duas direções distintas: uma na direção da cidade de Paracuru, soterrando recursos hídricos e a malha urbana; e a segunda na direção da linha de costa até o terminal da Petrobras, sendo introduzidas no sistema de deriva litorânea. Castro e Gonçalves (2003), em estudos realizados entre o período de 1958 e 1999 no sistema eólico transversal de Paracuru, constataram que a zona de retenção (dunas transversais) se expandiu em 245,87 m<sup>2</sup>, durante os 42 anos. Ou seja, a cada ano a região da planície costeira junto à cidade de Paracuru perde aproximadamente 6000m<sup>2</sup> de área agricultável e urbana. A planície de deflação e a faixa de praia decresceram respectivamente em termos de área para 6,25 m<sup>2</sup> e 4,54 m<sup>2</sup>.

As estimativas de taxas de transportes eólicos, obtidos pelos autores *op.cit.* através da expressão proposta por Simons et al. *apud* Castro(2001), em direção à cidade de Paracuru é de 93,02 m<sup>3</sup>/m/ano, enquanto em direção ao mar é de 37,10 m<sup>3</sup>/m/ano. Portanto, o volume de material em direção à planície costeira de Paracuru é aproximadamente três vezes maior em relação ao material introduzido no sistema de deriva litorânea. Segundo os autores, se mantida a sazonalidade climática regional caracterizada por duas estações (seca e chuvosa) e a ocorrência de fenômenos do tipo *El Niño* e *La Niña*, estima-se que a cidade de Paracuru será soterrada pelas dunas em 120 anos. No entanto, é sabido da existência de um sistema de fixação com função de retardar ou inibir o processo de migração de dunas (Figura 10).



Figura 10: Sistema de fixação de dunas.

No percurso da estrada de acesso à base da Petrobras, na área da APA das Dunas do Paracuru, é possível observar a existência de estruturas circulares, indicadoras de antigas posições ocupadas por dunas. Teoricamente, cada marca corresponderia à posição ocupada pela duna durante o período das chuvas, quando o alto conteúdo de umidade impediu a migração e acelerou a fixação das bordas pela vegetação do tipo gramínea. No período mais seco, a duna inicia a sua migração e, na área com presença da vegetação, fica impressa a marca de ocupação da duna. Vale salientar que atualmente não ocorre a alimentação desses pacotes de dunas que avançam na direção do município de Paracuru.

Os depósitos eólicos próximos à faixa de praia estão restritos aos cordões arenosos frontais e aos eolianitos. Foi construída uma estrada de acesso à base da Petrobras por sobre antigas planícies de deflação eólica, marcadas por inúmeras lagoas formadas pelo estrangulamento de rios e riachos que drenam a região ou como exutório de aquíferos dunares. O alargamento dessa área diminuiu, sobretudo, a recarga do depósito dunar pela presença de áreas úmidas e vegetadas.

A existência de inúmeros canais de escoamento na porção leste é uma evidência da percolação da água proveniente dos aquíferos dunares pela diferença topográfica. São observadas lagoas interdunares ao longo do campo de dunas móveis. Essas lagoas evidenciam áreas saturadas onde o lençol freático consegue aflorar. Próximo a essas lagoas, existem áreas de adensamento de espécies vegetais que, em geral, são gramíneas e sua proliferação está condicionada a esses recursos hídricos.

A faixa de praia é composta por sedimentos quartzosos com granulometria constituída predominantemente por areias médias. A extensão varia de 69 a 179 m, sendo muitas vezes recortadas pelas drenagens costeiras. Na antepraia nas imediações da ponta de Paracuru, ocorrem afloramentos de arenitos paralelos à linha de praia (figura 11). Essas rochas são emersas na maré baixa e atuam significativamente na proteção à ação erosiva das ondas, abrigo de peixes e sustentação para algas e outros organismos costeiros. Os arenitos de praia são formados em geral por sedimentos não coesos que foram cimentados próximo ao nível do lençol freático, onde as condições de temperatura são altas, o que possibilitaria a precipitação de  $\text{CaCO}_3$  (Carbonato de Cálcio) como cimento, em geral com estruturas cruzadas acanaladas e de baixo ângulo intercaladas, encontrados na costa (MORAIS, 1968). Ao mesmo tempo em que as rochas protegem um setor da praia, elas alteram significativamente a direção e energia das ondas que chegam à faixa de praia entre o píer da Petrobras e o início do núcleo urbano. O resultado disto é a erosão deste setor que é acentuada no período das maiores marés, comprometendo a estabilidade de bares e restaurantes localizados neste setor.



Figura 11: Exumação de *beachrocks* na faixa de praia resultante dos processos erosivos na praia de Paracuru.

Ao considerarmos a classificação de Zona Costeira prevista na Lei nº. 8.617, de 04/01/93, os compartimentos das Planícies Fluviais do Rio Curu, Depressão Sertaneja e Tabuleiros Pré-Litorâneos seriam considerados neste estudo. Destes mencionados, apenas os Tabuleiros Pré-Litorâneos encontram-se na compartimentação proposta, considerando que o

crescimento da malha urbana, no setor sul do distrito de Paracuru, se desenvolveu nestes terrenos. Constituídos por sedimentos da Formação Barreiras, reflete um domínio geomorfológico de leques aluviais, com início de deposição no Mioceno (ARAI et al.,1988). No Ceará, encontram-se distribuídos ao longo de toda a Zona Costeira, com penetração bastante variável e cotas altimétricas em torno de 30 a 80 m (SOUZA, 2000, SEMACE, 2006). Na orla de Paracuru, os níveis conglomeráticos da parte basal, constituídos por arenitos areno-argiloso, de coloração amarelada, compactados, ricos em óxidos de ferro afloram como plataformas de abrasão e escarpas com 4 metros de altura, constituindo o limite desta unidade de paisagem no trecho entre a praia da Pedra do Meio e da Munguba. Thornbury (1954) diz que “em muitos lugares o limite em direção do mar de uma costa é marcado por um pequeno corte no limite de uma superfície ou escarpa resultante da erosão das ondas, chamado falésia”. As escarpas do Barreiras na área, sob o ponto de vista morfodinâmico, podem ser consideradas como falésias vivas, pois são transformadas pelo ataque constante das ondas nas preamares (figura 12).



Figura 12: Falésias vivas esculpidas nos sedimentos da Formação Barreiras nas praias da Pedra do Meio e da Munguba.

Em síntese a orla estudada pode ser classificada de acordo com o Projeto Orla (MMA , 2005) como exposta caracterizada por um ambiente litorâneo constituído por afloramentos rochosos, praias tipicamente oceânicas, com elevada capacidade de circulação e renovação de água. Apresenta sistemas de dunas frontais, com trechos colonizados por herbáceas e arbustos de forma incipiente. Apresenta reentrâncias com baixa concavidade, sendo predominantemente retilíneas e de orientação normal à direção de maior incidência da ação

dominante dos ventos e ondas, com sedimentos geralmente compostos por areia grossa, média e fina. A figura 13 sintetiza a compartimentação dos sistemas ambientais de Paracuru.

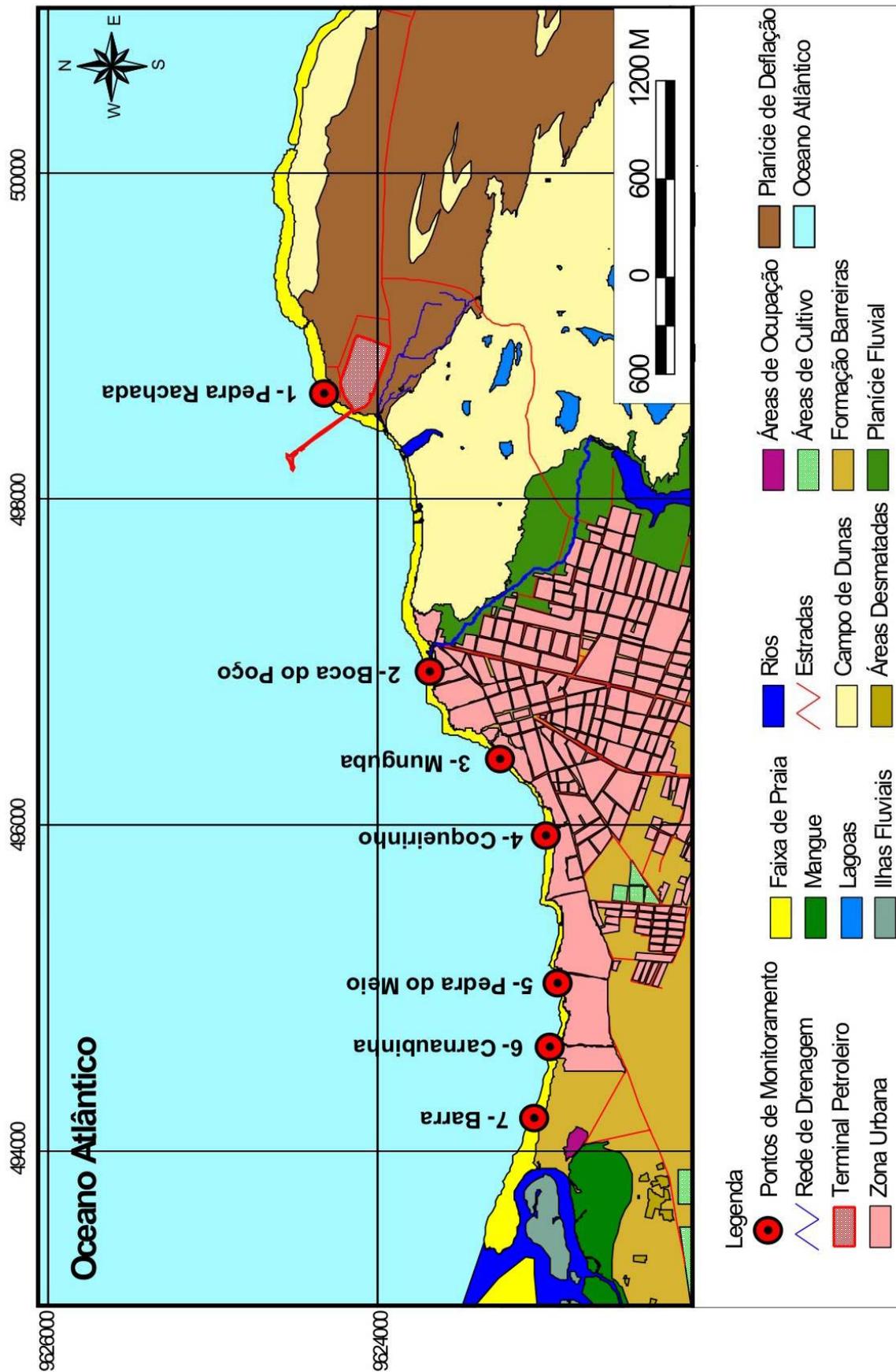


Figura 13: Compartimentação dos Sistemas Ambientais de Paracuru.

## 5. VARIÁVEIS CONTROLADORAS DOS PROCESSOS COSTEIROS

### 5.1. Características Climáticas Regionais e Locais

O Estado do Ceará encontra-se inserido no nordeste brasileiro, região cujo sistema climático é intimamente ligado aos movimentos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (figura 14). A sazonalidade climática cearense apresenta dois períodos distintos, um de chuva e o outro de estiagem, que comandam processos e transformações distintas na paisagem da zona costeira.

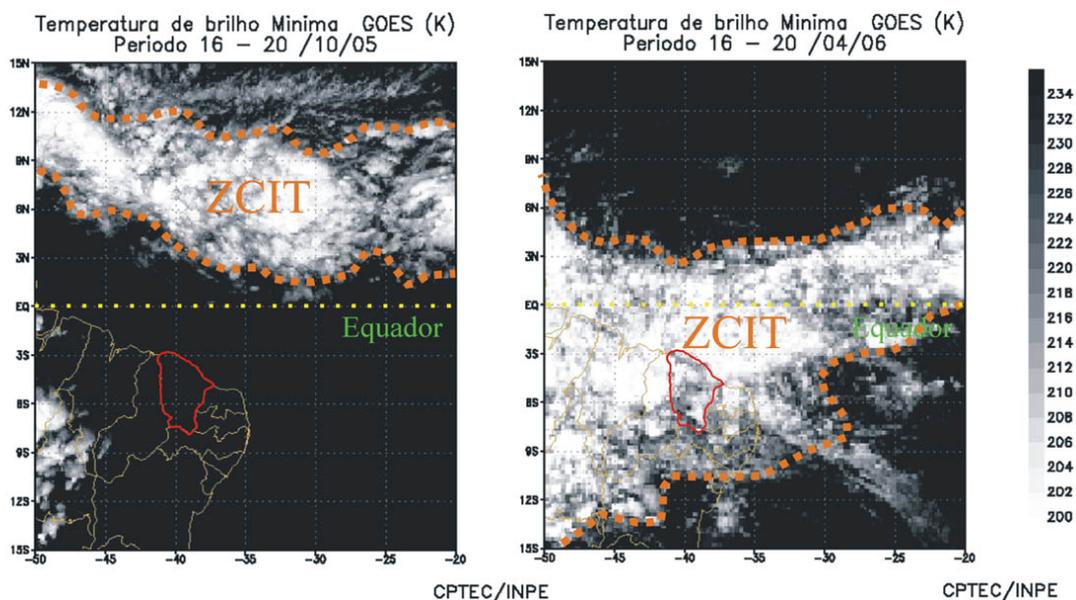


Figura 14: Variação da ZCIT no na Região Nordeste do Brasil.

Fonte: CPTEC/INPE.

As variações da ZCIT são observadas nas proximidades da linha do Equador, entretanto, as máximas atividades são verificadas acima dessa linha de acordo com a posição média dessa zona. As condições térmicas e dinâmicas que ocorrem nos oceanos Atlântico e Pacífico, bem como fenômenos como *El Niño* e *La Niña*, afetam diretamente os movimentos da ZCIT, como sua variabilidade, posicionamento e a intensidade, logo, a pluviometria da área de estudo está subordinada a esses movimentos, sendo intensificada ou diminuída a partir das condições da ZCIT.

Em geral, no litoral cearense, as precipitações pluviais excedem 1000 mm. No entanto, é válido salientar que a pluviometria mensurada no Estado, é maior na zona costeira e diminui

na medida em que adentra o continente, com ressalva dos ambientes de exceção, como por exemplo, os enclaves úmidos encontrados no interior do Ceará, aonde as chuvas chegam a ultrapassar 1.200 mm anuais (SOUZA, 2000).

A média pluviométrica anual de Paracuru no período de 1977 a 2004, foi de 1.300 mm. O maior valor observado foi no ano de 1985 onde choveu 2.357 mm e o menor foi no ano de 1983, com a pluviometria anual de apenas 464 mm. Como pode ser observado na figura 15, as chuvas são concentradas no primeiro semestre, e dispersas ou inexistentes no restante do ano. Os meses de março e abril, normalmente, são aqueles onde as chuvas são mais intensas. O segundo semestre é caracterizado pela estação seca, com escassez de chuvas.

### Precipitação Pluviométrica de Paracuru (1977 - 2004)

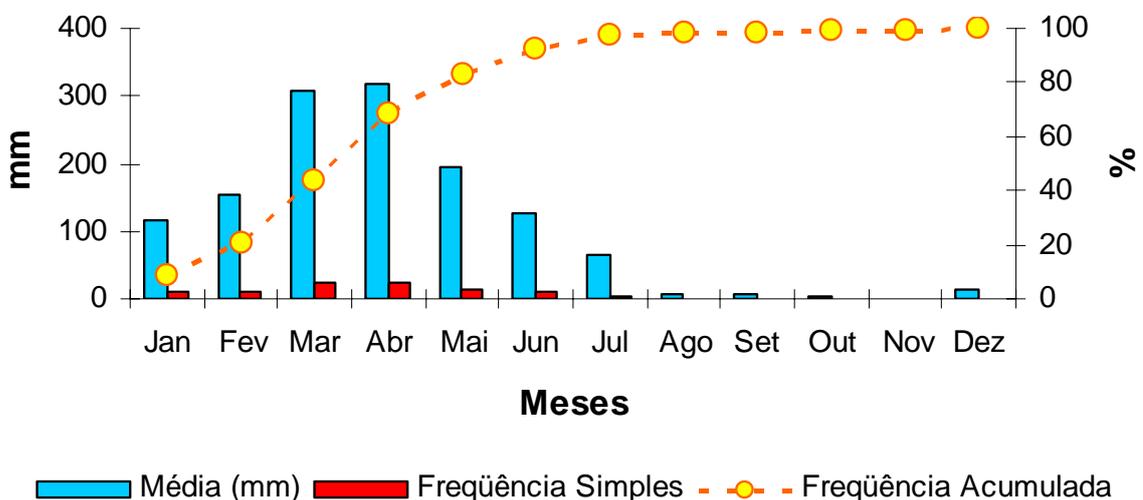


Figura 15: Quadro síntese dos dados Pluviométricos de Paracuru. Fonte: FUNCEME.

A umidade relativa do ar depende primariamente da pluviometria. O pico da umidade foi verificado em abril com média de 85% e a menor umidade foi observada no mês de outubro com média de 73%. A umidade média nos últimos 30 anos registrados pela FUNCEME foi de 78%. É importante salientar a atuação dos ventos, na manutenção da umidade, pois ao soprar do mar em direção ao continente, mantém a umidade do ar nas proximidades da zona costeira, inclusive nos meses de estiagem.

O panorama térmico da área é semelhante ao de Fortaleza, caracterizada por temperaturas mais elevadas nos meses de outubro a janeiro e menores nos meses de fevereiro a maio. A temperatura média anual é de 26,6 °C, a máxima é de 29,9 °C e a mínima de 23,5 °C. A insolação é bastante elevada, fundamentalmente nos meses de estiagem, com pico em

outubro de 296,1 h/mês. Os menores valores são observados nos primeiros meses do ano, com mínimo de 148,9 h/mês. A insolação anual é de 2694,6 h/ano, o que representa 113 dias/ ano adequados às atividades de lazer na zona costeira, bem como ótimas possibilidades exploração de energias alternativas, como a solar.

A área de Proteção das Dunas de Paracuru é caracterizada pela ocorrência de inúmeras lagoas interdunares, que além de serem importantes fontes de abastecimento hídrico. A sua manutenção depende do balanço energético entre a velocidade e direção dos ventos e as taxas de evaporação. No que se refere à evaporação, o menor valor observado é no mês de abril com 68,1 mm e o maior no mês de outubro com 173,5 mm, justamente aqueles que apresentaram maiores e menores pluviosidade respectivamente. A taxa de evaporação anual foi de 1.469,2 mm.

## **5.2. Controle das Características Hidroclimáticas nos Parâmetros Oceanográficos**

### **5.2.1. Ventos**

Os ventos na região são predominantes do quadrante E – SE e desempenham papel de suma importância na configuração da linha de costa, sendo responsável pelas ondas do tipo *sea*, correntes costeiras e pela remobilização dos sedimentos que compõem os campos de dunas. Os fluxos eólicos estão relacionados com a variação Norte e Sul da ZCIT e são intensificados nos meses de agosto e setembro. De acordo com Queiroz (2003), os ventos na área estudada atingem picos de velocidade máxima nos meses de 10,8 m/s entre os meses de agosto e dezembro, e mínima de 1,3 m/s nos meses de chuva. Nos meses de chuva o transporte eólico é mínimo, devido ao aumento da umidade do solo.

O percentual da direção dos ventos verificado na área de estudo por Castro (2001) a partir de Dados Fornecidos pela COELCE, mostra a predominância dos ventos de E com 76,76 %, os ventos de SE representam 13,10%, aqueles de NE 8,84% e os de N apenas 1,30% (figura 16).

### Freqüência das Direções

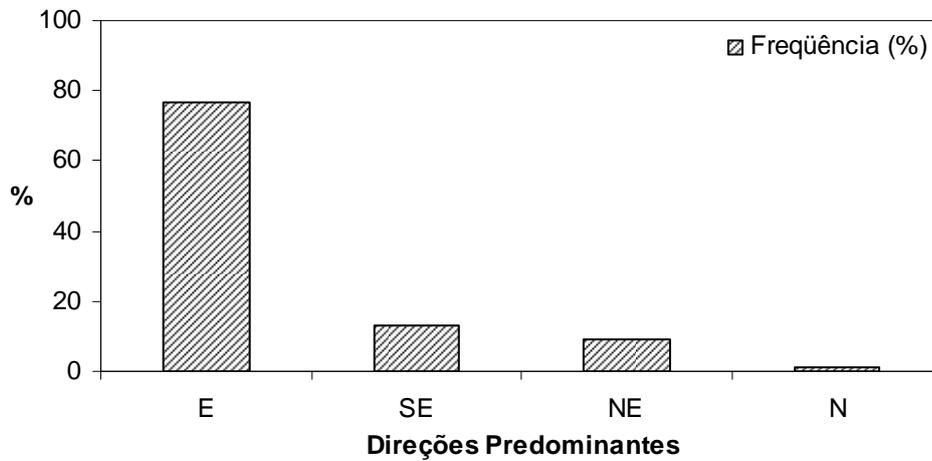


Figura 16: Freqüência da direção do vento. Fonte: Castro, 2001.

Apesar da preponderância dos ventos de E, o autor (*op. cit.*), chama atenção para as variações sazonais que ocorrem durante o ano. Segundo ele, essas variações foram mais evidentes no mês de outubro. Elas podem ter gerado um campo de dunas embrionário do tipo barcana – barcanóide com orientação E-SE. A área de migração das dunas para a zona urbana de Paracuru (figura 17) motivou a instalação de obras de fixação das dunas pela SEMACE. Como foi mencionada no capítulo anterior, nos estudos realizados por Castro (2001), a velocidade de deslocamento é de aproximadamente 93,02 m<sup>3</sup>/m/ano.



Figura 17: Direção dos ventos e migração de dunas em direção à Paracuru.

Fonte: Google Earth (2007)

### 5.2.2. Ondas

As características das ondas na área de estudo obedecem ao padrão verificado na costa do Estado do Ceará e nos registros do Porto do Pecém, com ondas predominantes do quadrante E ou SE. A altura média de ondas na praia de Paracuru foi de no máximo 1,20 m e mínimo de 0,20 m. No período de estiagem a altura (m) das ondas variou de 0,25 m a 1 m. Nos meses de chuva, fevereiro a junho de 2006, as alturas das ondas aumentaram, chegando a 1,20 m nos pontos 4 e 5 no mês de maio. Nesse período, o mês de março não apresentou grandes alturas, não ultrapassando 0,40 m. A análise do histograma da altura de ondas ( $H_b$ ) mostra que 46,42 % das ondas apresentaram alturas entre 0,2 e 0,4 m (figura 18).

Para os anos de 1997 e 1999 na região de Pecém, a maior frequência de valor de 85%, ocorreu no intervalo de  $1,0 \leq H_s \leq 1,7$ , denotando que na praia de Paracuru, os depósitos arenosos e os blocos de recifes paralelos à praia alteram substancialmente a altura das ondas.

Na análise do histograma de direção de ondas, constatou-se que 40% das ondas incidentes estão enquadradas entre 0 e 45° e 48% estão enquadradas entre 45 e 90°. De acordo com os dados coletados no Porto do Pecém, localizado a aproximadamente 20 km a oeste da área de estudo, as direções predominantes com 67,33% foram entre 61 e 120° e as ondas entre 0 e 60° apresentaram frequência de 32,27% (INPH, 2005). É válido ressaltar que o clima de ondas realizado em campo tem representação local, no entanto elas conferem com aquelas observadas no Porto do Pecém. Na costa cearense, as ondas de N indicam a chegada de ondas *swell*. Contudo, a morfologia e as rochas de praia existentes na orla colaboram para a preponderância dessa direção.

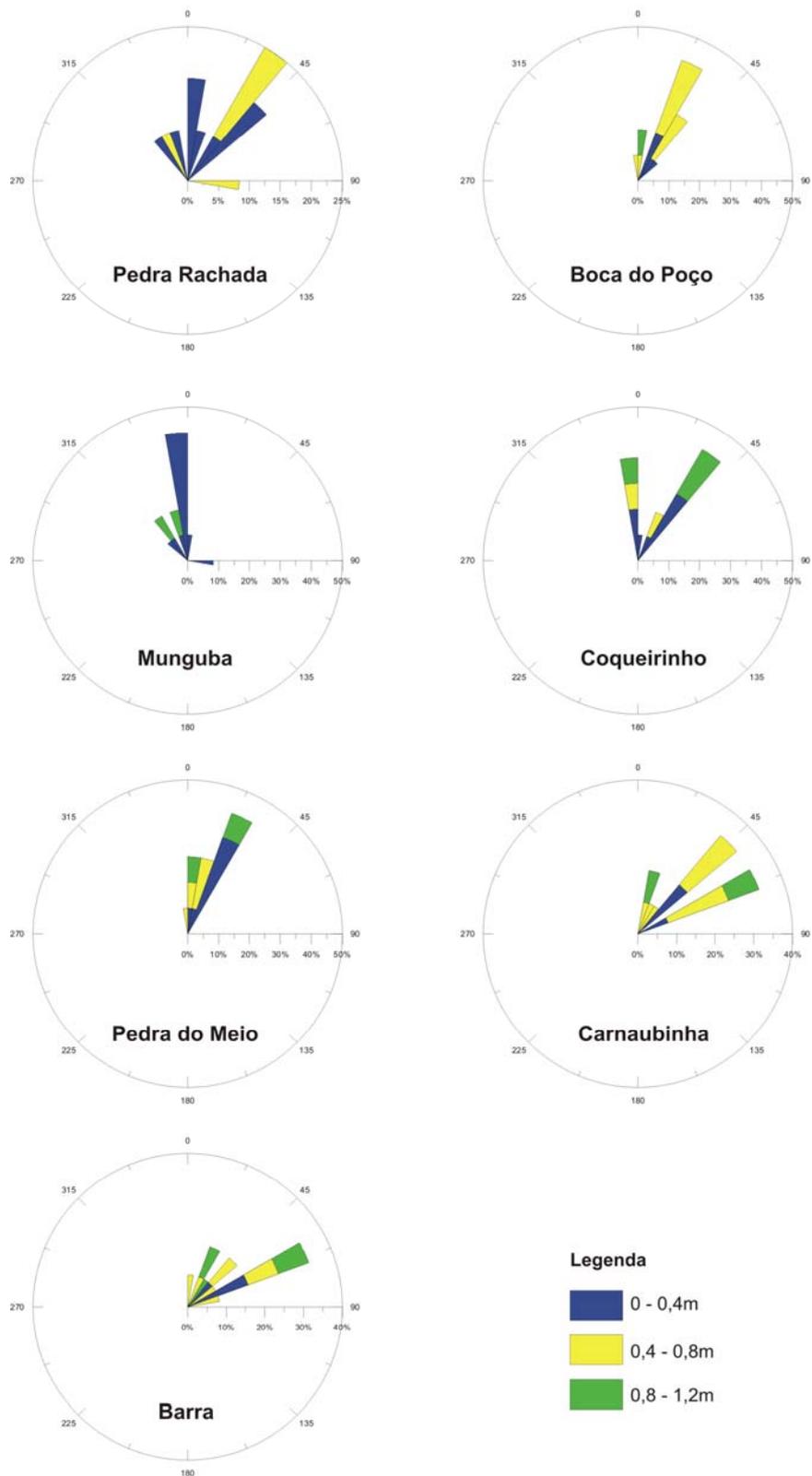


Figura 18: Síntese da direção e altura e ondas em Paracuru.

O Período ( $T$ ) é o tempo em que duas cristas ou calhas levam para passar por um ponto único. É adequado lembrar que:

*As séries dos períodos de ondas de vento (seas) e swells realmente se sobrepõem consideravelmente – ondas de vento podem ter períodos de até 15 segundos ou então se a velocidade do vento for muito grande, enquanto swell com períodos de apenas alguns segundos é possível (POND & PICKARD, 1983).*

Com relação aos períodos das ondas que banham a Região Metropolitana de Fortaleza, Maia (1998) trabalhou com um universo de 141 ondas no período de um ano (1991-1992), onde 99% dos casos corresponderam às ondas do tipo *sea*, 0,51% do tipo *swell* e 0,15% que não puderam ser identificadas. Isto demonstra que todas as ondas registradas na bóia do Mucuripe são geradas e influenciadas pelos ventos locais. Resultados semelhantes foram encontrados por Pinheiro (2000 e 2003) na Praia da Caponga e por Leal (2003) no litoral de Aracati.

O histograma abaixo mostra que durante o monitoramento, 80% das ondas apresentaram período entre 6 e 9 segundos (figura 19). Isto significa que as ondas *sea* são predominantes. A entrada de ondas do tipo *swell*, na costa de Paracuru foi verificada no final de novembro de 2005 até primórdios de fevereiro de 2006, esses dados conferem com aqueles registrados no Porto do Pecém. O período de ondas foi maior no mês de fevereiro e decresceu nos meses subseqüentes, voltando a aumentar em maio de 2006.

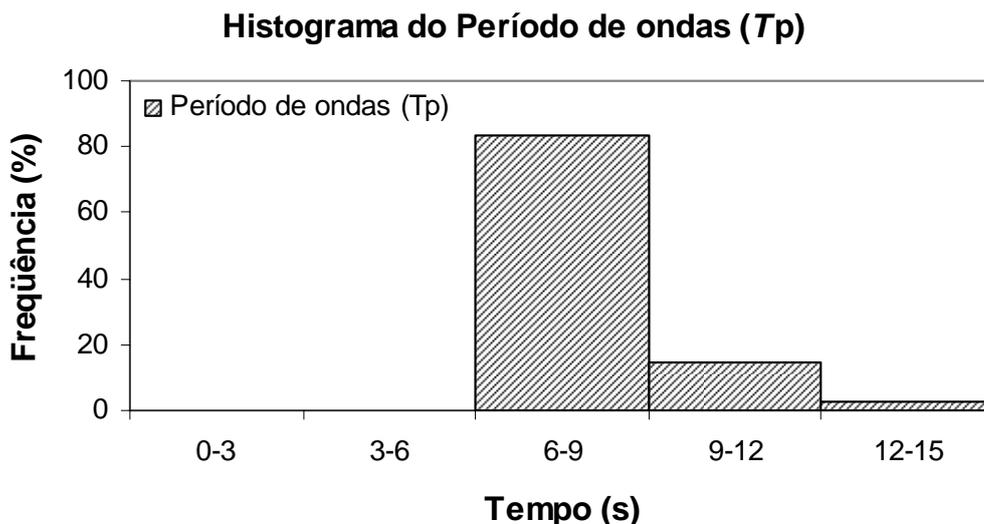


Figura 19: Histograma dos períodos de ondas, predominando ondas com período entre 6 e 9 segundos. Fonte: dados coletados em campo.

A energia das ondas implica diretamente na morfodinâmica costeira. As mudanças causadas pela variação da energia da onda podem ser observadas claramente na diferença entre os perfis de praia nos períodos de chuva e estiagem. Os maiores valores observados foram nos meses de fevereiro e maio com energia média de 948 joules/m<sup>2</sup> e 1247,41 joules/m<sup>2</sup> respectivamente, porém em setembro e outubro (período de estiagem), a energia média da onda foi de 577,33 joules/m<sup>2</sup> e 490,44 joules/m<sup>2</sup>. Os menores valores foram vistos nos meses de janeiro e março, com energia média de 156 joules/m<sup>2</sup> em ambos os meses. Observou-se que a energia foi mais intensa nas praias do Coqueirinho e Carnaubinha. Entretanto, as variações batimétricas afetam a velocidade de propagação de ondas e consequentemente sua esbeltez (PINHEIRO, 2000).

A celeridade é a velocidade de viagem do grupo de ondas, de acordo com Muehe (2002), *n* é igual a 1 em águas rasas. A celeridade apresentou média de 3,14 cm/s, este parâmetro mostrou relação com a energia da onda. Assim, os maiores valores foram vistos nos meses de fevereiro e maio, com picos de 4,42 cm/s e 4,85 cm/s com quedas nos demais meses chuvosos. Durante o período de estiagem, os valores se mostraram estáveis com velocidades entre 3,70 cm/s e 4,42 cm/s.

### **5.2.3. Transporte de Sedimentos pela Corrente Longitudinal**

Os dados de altura, período e direção de ondas possibilitaram calcular a Velocidade da Corrente Longitudinal ( $V_1$ ) e estimar o Volume de Areia Transportado ( $Q_s$ ). A velocidade da corrente longitudinal em Paracuru variou entre 0,65 cm/s a 5,82 cm/s no período de estiagem e de 0,93 cm/s a 7,13 cm/s no período chuvoso. A velocidade média durante o período estudado foi de 1,52 cm/s, com direção predominante de NE (figura 20), com vetor correspondente à direção de ação dos ventos locais. Entre os meses de estiagem, as maiores velocidades foram verificadas nos meses de setembro de 2005 e fevereiro de 2006, no período chuvoso, a maior velocidade observada foi durante o mês de maio de 2006.



Figura 20: Direção da Corrente Longitudinal no litoral de Paracuru. Fonte: dados obtidos pela aplicação da equação 1.

O volume de areia transportado (figura 21) foi estimado através da equação 4. No período de monitoramento, observou-se que a carga de areia transportada foi maior no mês de maio de 2006 (período chuvoso). A grande quantidade de sedimento que passou pelo sistema nesse período pode ser explicada pela intensificação do transporte fluvial, em especial a contribuição do rio São Gonçalo. Nos meses de estiagem, a maior quantidade de areia inserida no sistema foi verificada nos meses de setembro de 2005 e fevereiro de 2006. O aumento dos ventos nesse período, aumenta a quantidade de sedimentos advindos das dunas presentes na região.

### Volume de Areia Transportado pela Corrente Longitudinal (m<sup>3</sup>/mês)

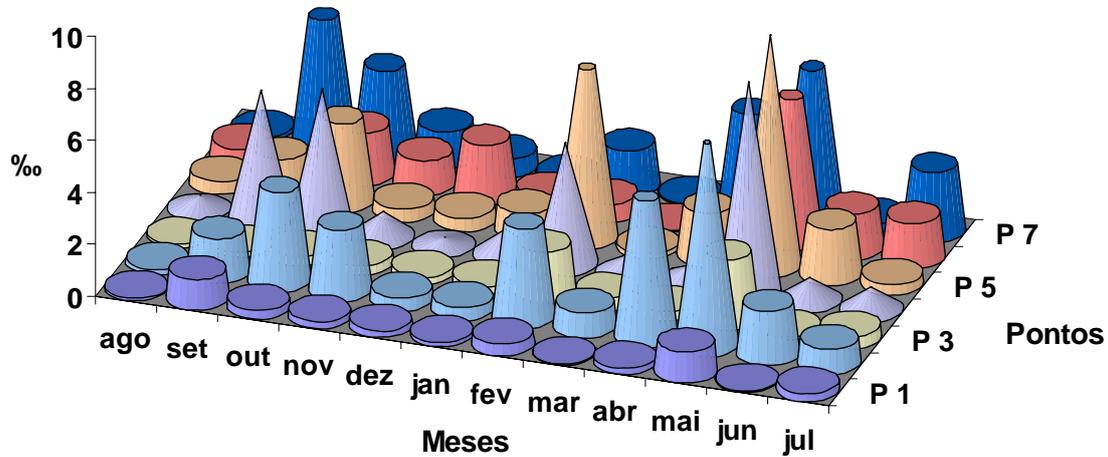


Figura 21: Volume de sedimento transportado (m<sup>3</sup>/mês) em Paracuru.

Sabe-se que o clima de ondas e as correntes que atuam na costa cearense estão intimamente ligados aos ventos. No entanto o volume de areia transportado foi maior nos meses de setembro e outubro (meses onde a atividade eólica é mais intensa) do que nos meses de fevereiro, abril e maio (meses de chuvas). Ressalta-se que de acordo com o modelo proposto por Longuet-Higgins (1970 *apud* MUEHE, 2002), o transporte de sedimentos diminui na medida em que as ondas vêm da direção 0° (norte), isso explica os baixos valores verificados na maioria dos meses monitorados. As transformações das ondas ao encontrar obstáculos submersos, como blocos de rochas, por exemplo, geram processos de refração que provocam a arrebentação paralela à linha de costa.

Considerando as duas estações climáticas predominantes no semi-árido nordestino, verifica-se que no ano monitorado, foi transportada uma quantidade de 479.482 m<sup>3</sup>/ano no período de estiagem e 935.305 m<sup>3</sup>/ano no período de chuva. As chuvas no semi-árido nordestino são marcadas pela irregularidade no tempo e no espaço, desta forma a chuvas podem eventualmente ser torrenciais, transportando grande carga de sedimentos para o *input* do sistema, o que justificaria o maior volume de sedimentos transportados no período chuvoso (figura 22).

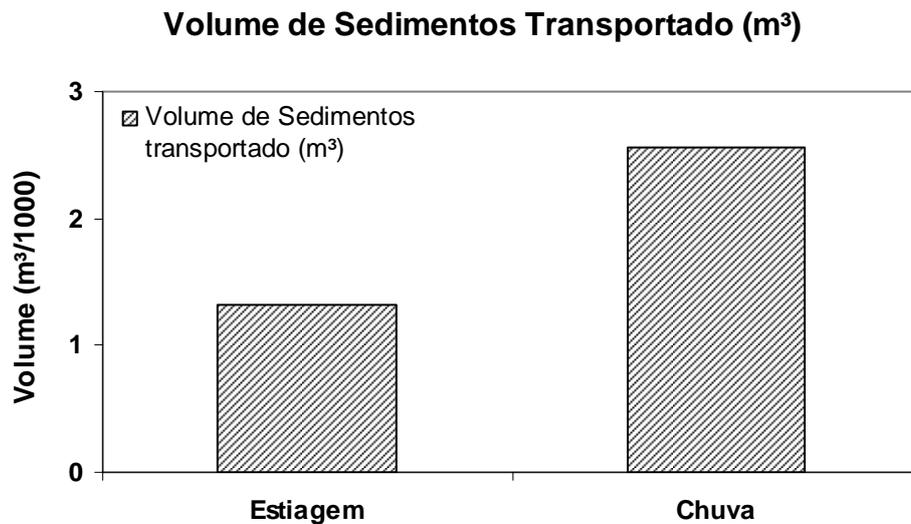


Figura 22: Gráfico do volume de sedimentos transportados (m<sup>3</sup>) no litoral de Paracuru.

#### 5.2.4. Marés

O clima de onda de uma praia é influenciado pelas oscilações de subida e descida da maré, fazendo variar o nível da água na zona de antepraia em cada ciclo. Assim, é possível observar transformações no tamanho e na forma de arrebentação das ondas. Com a mudança de posição da arrebentação das ondas, muda-se conseqüentemente a quantidade de sedimentos colocados em suspensão pelas ondas a cada ciclo de maré (DAVIS, 1978).

Marés semi-diurnas são características do Estado do Ceará, apresentando duas preamares e baixa-mares em 24 horas e 50 minutos (1 dia lunar), e com curvas de nível segundo cotas horárias corretas e simétricas (PINHEIRO, 2000). Na costa cearense, o trabalho pioneiro sobre o comportamento das marés e ondas foi de Morais (1980), quando observou para Fortaleza, baseado em dados medidos na bacia do Porto de Mucuripe, que as marés na região são representadas por ondas semidiurnas com período médio de 12,4 h e defasagem média de 50 minutos. Determinou a amplitude máxima de 2,7 m para o equinócio de março no ano de 1976 e amplitude de 3,3 m para máximas de sizígia no ano de 1980.

Em estudo mais recente Maia (1998) utilizando 14 registros analógicos mensais do marégrafo instalado no Porto do Mucuripe, verificou que durante os meses de junho a dezembro a amplitude das marés aumenta tanto de quadratura quanto de sizígia, ocorrendo o inverso nos meses de setembro e março, em virtude das diferenças temporais de amplitude de marés de sizígia de 0,30 – 0,40 m e de 0,40 – 0,50 m nas quadraturas. Os registros de marés

coletados por Leal (2003) entre os meses de dezembro de 2000 e março de 2001 em frente a Canoa Quebrada em Aracati e no estuário do Rio Jaguaribe detectou alturas máximas da maré de sizígia de 2,35 e 1,80 m, respectivamente. As mínimas foram de 0,78 e 1,35 m correspondendo às médias históricas registradas nos portos do Mucuripe e Pecém.

Na foz do rio Malcozinhado em Cascavel entre 2001 e 2003, as marés são semidiurnas e apresentam uma variação de nível entre baixa-mar e preamar bem mais reduzida que as marés do Porto do Mucuripe. Durante as marés de sizígia no período de estiagem no porto do Mucuripe foi verificada uma amplitude de 3,3 m, enquanto no perfil 2 (Foz) o valor registrado foi de 1,50 m. Nas salinas localizadas a 10 km (Estação 14) da foz a amplitude máxima registrada foi de 0,55 m, com altura máxima de 0,58 m.

A costa de Paracuru está sob esse mesmo regime de marés, com amplitude máxima de 3,1 m. As maiores amplitudes ao longo do período de monitoramento foram observadas nos meses de agosto de 2005 e fevereiro de 2006, ambos com amplitude de 2,95 m, no período de estiagem e de chuva. Isto imprimiu mudanças no perfil praial como o surgimento e desaparecimento de bermas, erosão comprometendo a infra-estrutura e mudando a cota inicial do perfil nos pontos próximos à barra do Estuário do Rio Curu. Contudo se considerássemos o posicionamento da Linha de Preamar Média no período de monitoramento, grande parte do núcleo urbano (bens privados) estaria assentada nos terrenos de marinha.

## 6. O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA ORLA E CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

Paracuru originou-se em meados da segunda metade do século XVI, sendo em 1868 elevada à categoria de vila, chamada de Alto Alegre do Parazinho. Sua emancipação como município ocorreu em 1951 a partir do município de Trairi, sendo criado no ano de 1890 pelo Decreto 73. Paracuru é um termo indígena (tupi), que significa Lagarto do Mar (CEARÁ, 2004). O município apresenta área de 296,60 km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 92,74 hab/km<sup>2</sup>. A economia do município destaca a agroindústria e a pecuária, sendo relevante à criação bufalina e o plantio de flores para exportação (CEARÁ, *op. cit.*), não esquecendo que a atividade pesqueira é uma fonte de renda para sustento de muitas famílias na região.

De acordo com os dados fornecidos pelo IBGE, entre a década de 70 e 80, a população de Paracuru apresentou um crescimento de 14,29%. No decorrer dos anos 80 até o início dos anos 90, a população apresentou diminuição considerável de 26,81%, onde voltou a crescer nos anos 90. Entre 1991 e 2000, o número de habitantes em Paracuru cresceu 23,97%, porém não atingindo o total populacional observado em 1980 (tabela 1). A população de Paracuru em 2000 era de 27.541 habitantes (IBGE, 2000).

Tabela 1: População residente no município de Paracuru entre os anos de 1970 e 2000.

População Residente no Município de Paracuru					
	1970	1980	1991	1996	2000
<b>Total</b>	24.522	28.610	20.942	23.018	27.541

Fonte: IBGE

As mudanças ocorridas nas relações comerciais, a solidificação no mercado da prestação de serviços terceirizados, a necessidade de mão-de-obra e o conseqüente aumento de oferta de empregos no mercado informal, associados à busca de melhores perspectivas de vida, produziram mudanças no quadro populacional brasileiro. Este fenômeno reflete no quadro da população urbana e rural dos diversos municípios do país. Em Paracuru, a figura 23 mostra a evolução da população de Paracuru em 30 anos.

## População Rural x Urbana de Paracuru

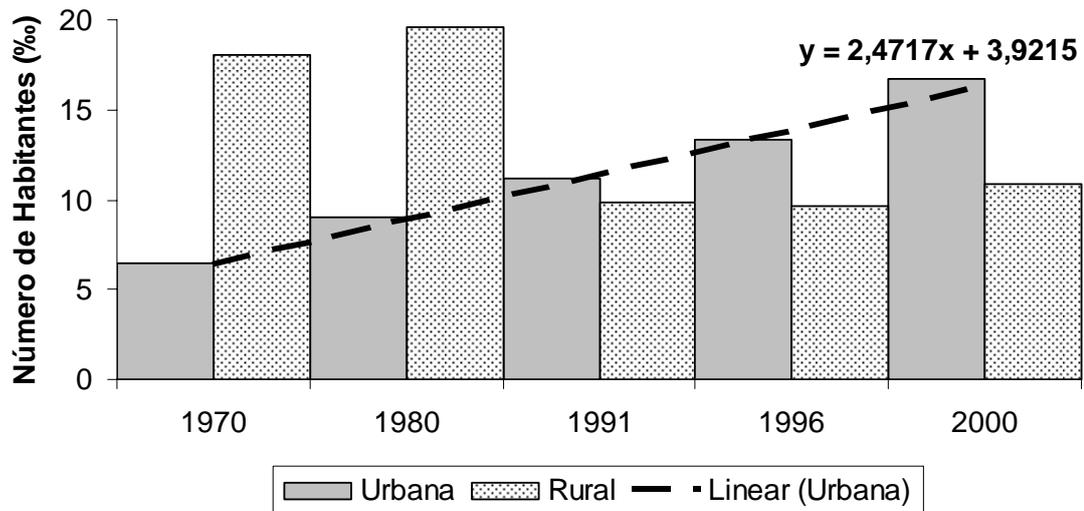


Figura 23: Evolução da população de Paracuru entre os anos de 1970 e 2000.

Fonte: IBGE.

Observa-se que nas décadas de 70 e 80, que a população era predominantemente rural. A partir da década de 90, o número de pessoas habitando a zona urbana ultrapassou o número daquelas que residem na zona rural. A inversão no quadro populacional é fruto da tendência nacional, onde o processo da migração de pessoas do campo em busca de melhor qualidade de vida nas grandes metrópoles levou ao surgimento de fenômenos urbanos, como o inchaço populacional, conurbação, dentre outros. Acompanhando a linha de tendência da figura acima, percebe-se que o município de Paracuru apresentou propensão à habitação em áreas urbanas.

O número de domicílios particulares permanentes nas zonas urbana e rural de Paracuru entre os anos de 1991 e 2000 (figura 24), mostrou que em 1991, o número de residências na zona urbana equivalia a 54% do total de residências, enquanto que no ano de 2000, as residências da zona urbana representavam 62% do total e as residências rurais apenas 38%. O número de residências nas zonas urbana e rural não deixou de aumentar, porém a progressão é que foi diferente. De qualquer forma a quantidade de residências no município cresceu 29,50% entre os anos de 1991 e 2000.

### Domicílios Particulares Permanentes nas Zonas Urbana e Rural de Paracuru em 1991 e 2000

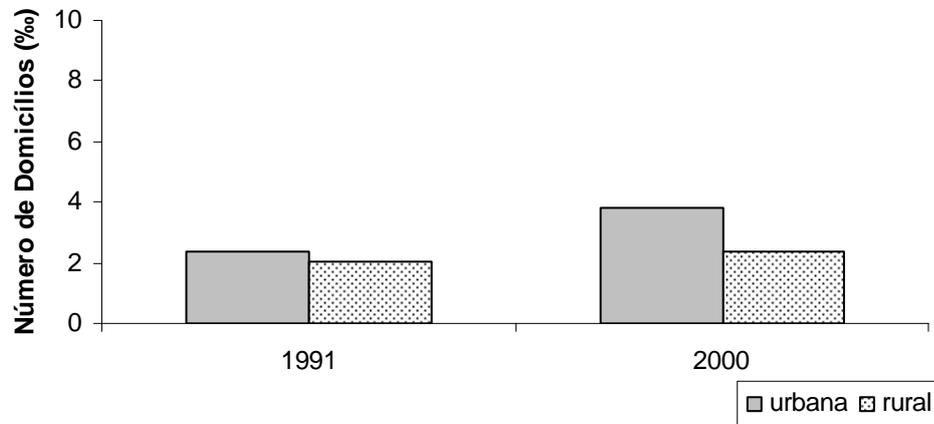


Figura 24: Número de domicílios particulares permanentes de Paracuru nas zonas urbana e rural, entre os anos de 1991 e 2000.

Fonte: IBGE.

Os investimentos com intuito de incrementar a atividade turística no Estado do Ceará nos anos 80, bem como a implantação do PRODETURIS nos final dos anos 80 e início dos anos 90 e posteriormente o PRODETUR, levaram à intensificação do processo de urbanização do município de Paracuru. A construção de estradas, melhorando o acesso à cidade e à praia, a atividade de veraneio e os investimentos no turismo, intensificaram a especulação imobiliária, tanto para segundas residências, como para a implantação de hotéis, pousadas e *resorts*. As facilidades e o baixo custo trouxeram investimentos estrangeiros para o local, como também para todo o litoral do Ceará, isso é refletido nos inúmeros estabelecimentos pertencentes a estrangeiros, em especial aos europeus.

O levantamento do número de turistas que visitam Paracuru via Fortaleza, foi realizado pela SETUR (2006). Os resultados da tabela 2 mostram que em todos os anos, exceto 2003, Paracuru ficou entre os 10 principais destinos turísticos do Ceará. Representa em média 2,5% da demanda turística para o interior do Estado o que, em média, concerne a 1,10% do percentual total. O maior número de turistas foi verificado no ano de 2002, onde 24.417 turistas visitaram a região. A média do número de dias que os turistas passaram em Paracuru foi de 3,18 dias.

Tabela 2: Evolução da população de Paracuru entre os anos de 1970 e 2000.

**Número de Turistas que ingressaram em Paracuru via Fortaleza.**

Anos	Ranking Estadual	Percentual na Demanda (%)		Turistas	Permanência (dias)
		Interior	Total		
<b>1998</b>	8	2,634	1,14	14.796	3,5
<b>1999</b>	8	2,213	1,168	16.218	3,9
<b>2000</b>	10	1,884	0,814	12.274	2,9
<b>2001</b>	10	2,149	0,858	13.987	2,5
<b>2002</b>	7	2,956	1,498	24.417	2,8
<b>2003</b>	12	1	0,6	8.566	2,2
<b>2004</b>	9	1,7	0,9	16.606	4,6
<b>2005</b>	10	2,69	1,88	33.132	3,1
<b>Média</b>	<b>9,25</b>	<b>2,15</b>	<b>1,10</b>	<b>17.500</b>	<b>3,18</b>

Fonte: SETUR (2006).

A densidade da malha urbana de Paracuru é bem diversificada ao longo da orla marítima. A faixa de praia que vai da Foz do rio São Gonçalo à APA das Dunas de Paracuru apresenta-se pouco ocupada do ponto de vista urbano. A área da Unidade de Conservação é de 3.909,60 ha e foi criada por intermédio do Decreto Estadual N° 25.418 de 29.03.1999. Sob jurisdição da Superintendência Estadual do Meio Ambiente, cabe à SEMACE controlar, fiscalizar e acompanhar as atividades desenvolvidas no local, visando a preservação da área, bem como a tomada de ações que busquem o desenvolvimento sustentável da mesma. Nas áreas de Planície de Deflação existe o interesse para a implantação de atividades de cultivo de coqueirais, para atender as demandas locais e das regiões adjacentes, bem como implantação de estruturas hoteleiras para atender o público internacional.

O setor entre o limite da APA e o núcleo central da cidade se destaca pela existência de 2 restaurantes e atividades de navegação e atracamento de embarcações da base de controle da Petrobras. Associados a isto, são verificados ocupações esparsas de moradores locais na base dos campos de dunas móveis. O acesso a este setor se dá por uma via adjacente à base da Petrobras e ao restaurante ali instalado ou através da faixa de praia, do qual o ponto de saída de automóveis em Paracuru é no Restaurante Ronco do Mar. A taxa de ocupação da orla varia de 20 a 28%.

No núcleo central está concentrada, além da igreja matriz, a administração pública, bancos e os principais estabelecimentos comerciais e de serviços. Na área central não existe

uma separação nítida das funções, onde a função habitacional coexiste com as atividades comerciais, de serviços e até industriais. Além disso, inexistem grandes diferenciações nos padrões habitacionais (SEMACE, 2006). A pós-praia é intensamente ocupada por casas de veraneio, bares e restaurantes. A taxa de ocupação da orla marítima é de 100%. Nas imediações do restaurante Fórmula 1, a faixa de pós-praia com largura aproximada de 30 metros, agrupa as atividades de atracação de jangadas e ocupação de usuários associados aos piqueniques, apesar da forma de acesso, neste setor, ser do tipo “*cul-de-sac*”. As bicas, exutórios de aquíferos dunares e do Barreiras, são atrativos à parte. Do ponto de vista morfológico, predomina a horizontalidade no conjunto do espaço urbano, com poucas edificações verticais e de conteúdo histórico.

A cidade tem carência de áreas verdes e livres como praças, parques e lugares de aglomeração, que funcionem como centros de convivência (SEMACE, 2006). As áreas de lazer na cidade se restringem à própria praia. Nas áreas não ocupadas por atividades urbanas, principalmente no setor oeste, encontram-se chácaras, pequenos sítios e algumas grandes propriedades rurais. A faixa de praia neste setor tem o limite da pós-praia ocupado por casas de veraneio de grande porte, muitas vezes ocupando um quarteirão inteiro. A taxa de ocupação da orla varia de 0 a 16%. No limite oeste da área, a taxa de ocupação é próxima de 0%. Isto pode ser creditado à dinâmica do Rio Curu, dificuldades no acesso e a existência de uma unidade de conservação no referido estuário. A Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Curu está localizada entre os municípios de Paracuru e Paraipaba, com área de 881,94 hectares, foi criada através do Decreto N° 25.416, de 29 de março de 1999 objetivando a preservação e o uso sustentável de seus recursos. A APA do Estuário do Rio Curu foi criada com justificativa semelhante à APA das Dunas de Paracuru, além disso, ambientes estuarinos são ecossistemas ímpares na manutenção ambiental da planície fluvio-marinha, funcionando como berçário natural de inúmeras espécies de peixes, caranguejos, aves, dentre outros.

Segundo Cabral (2002), “APAs são espaços que permitem o uso direto dos recursos naturais e a dominialidade pode ser pública ou privada” Dentre as diversas Unidades de Conservação (UC), a APA é uma área que, aos olhos do Estado, deve ser conservada. No entanto, as APAs podem ser exploradas economicamente uma vez que este uso não vá de encontro ao conjunto de normas específicas criado pela legislação de criação da UC. As APAs, por intermédio da Lei nº 9.985/00, compõem o grupo de Uso Sustentável das UCs.

Peculiaridades ambientais com certo nível de fragilidade, que se façam necessário a proteção, são parâmetros para a criação de APAs. De acordo com Cabral (*op. cit.*), “cada

APA é regida individualmente, por seu decreto de criação e, posteriormente, de regulamentação, no qual são estabelecidas normas administrativas”.

Aplicando o conceito de orla marítima, como uma unidade de gestão, a área pode ser compartimentada (tabela 3), através da integração dos atributos das geofácies acima especificadas em quatro unidades de análise ou setores distintos (figura 25).

Tabela 3: Compartimentação do litoral de Paracuru.

**COMPARTIMENTAÇÃO DA FAIXA DE PRAIA DE PARACURU**

<b>Setor 1</b>	Praia da Pedra Rachada
	Zona Leste do Litoral
<b>Setor 2</b>	Praia da Boca do Poço
<b>Setor 3</b>	Praia da Munguba
	Praia do Coqueirinho
	Praia da Pedra do Meio
	Praia da Carnaubinha
<b>Setor 4</b>	Praia da Barra
	Foz do Estuário do Curu
	Zona Oeste do Litoral

O setor 1 é caracterizado pela ocupação quase inexistente, campo de dunas, planície de deflação, faixa de praia apresentando praias oceânicas. Este setor está inserido na APA das dunas de Paracuru, o que o garante sua preservação. É uma área de interesse especial, exposta e não urbanizada.

O setor 2 é marcado pelo avanço do campo de dunas sobre a cidade e é concebido como área de interesse especial pela APA e pelo complexo da Petrobras, que torna esta uma área de tráfego aquaviário. Além disso, a orla deste setor é exposta, e em processo de urbanização.

O terceiro setor corresponde a uma costa do tipo exposta com presença de praia oceânica com trechos rochosos, elevada circulação de água e reentrâncias com baixa concavidade e sedimentos que variam de areias grossas à finas.

O quarto setor considera a orla em processo de urbanização, caracterizado pelo processo de ocupação recente, presença de segundas residências e população flutuante.

Apesar de parte da orla estar antropizada, há grandes trechos sem ocupação e o uso do solo é predominantemente para atividades rurais.

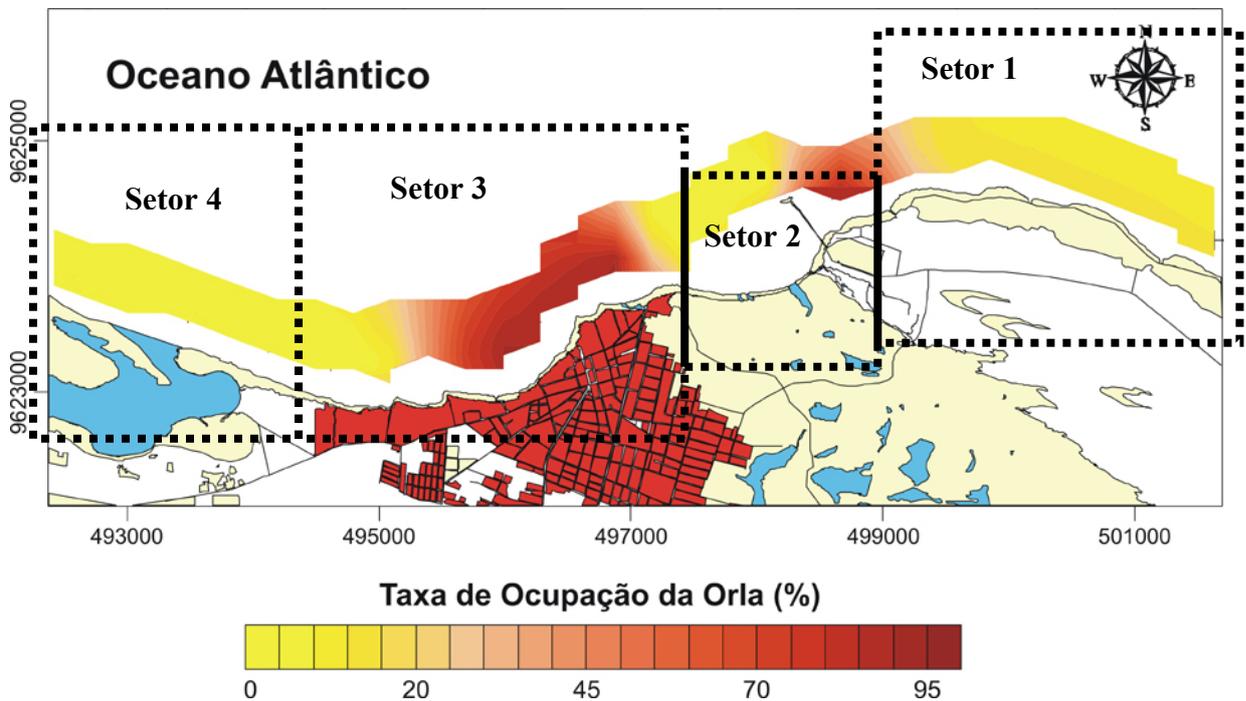


Figura 25: Taxa de ocupação da orla marítima (200 m da linha de costa) da área estudada.

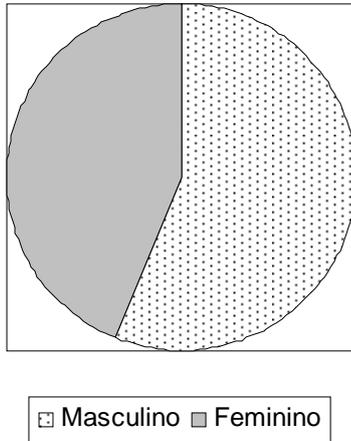
### 6.1. Perfil do Usuário da Praia de Paracuru

O perfil do usuário da praia de Paracuru foi realizado a partir da aplicação direta de questionários aos frequentadores da praia. A série de perguntas objetivou descrever os usuários da praia por sexo, faixa etária, escolaridade; além da origem e motivo do uso da praia.

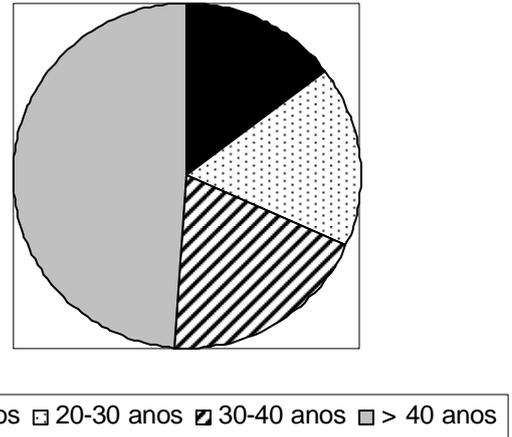
Assim, de acordo com a compilação dos dados, verificou-se que no universo amostral: 56,10 % dos frequentadores da praia são homens e 43,9% mulheres. Destes, 48,8%, ou seja, a grande maioria com idade superior a 40 anos, 19,5% com idade entre 30 – 40 anos, 17,1% na faixa entre 20 – 30, e 14,6% entre 15 – 20 anos. Grande parte dessas pessoas é oriunda da cidade de Fortaleza (68,3%), logo em seguida os nativos com 17,1%, pessoas de outras cidades do Ceará, outros Estados e estrangeiros representam 14,7 % do total, cada elemento com 4,9%. O grau de escolaridade dos frequentadores mostra que grande parte tem ou cursa nível médio ou alguma instituição de nível superior. A pesquisa não encontrou pessoas analfabetas, com nível fundamental incompleto ou completo, logo esses representam 0%,

pessoas com nível médio incompleto 29,3% e 24,4% com nível médio completo. Pessoas com nível superior incompleto somam 9,8%, nível superior completo 26,8% e aquelas com pós-graduação representam 9,8% do total. Os resultados estão distribuídos na (figura 26).

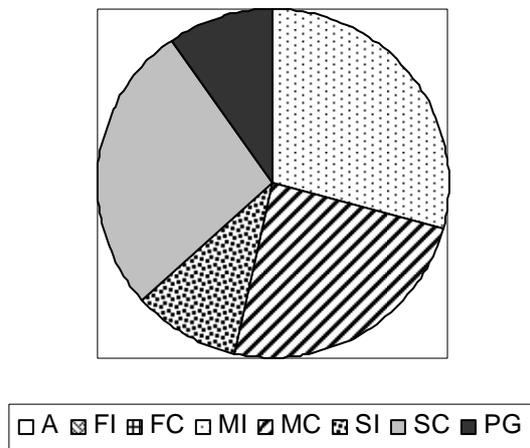
### Perfil do Usuário da Praia pelo Sexo



### Perfil do Usuário da Praia pela Faixa Etária



### Grau de escolaridade dos Usuários



### Procedência dos Usuários

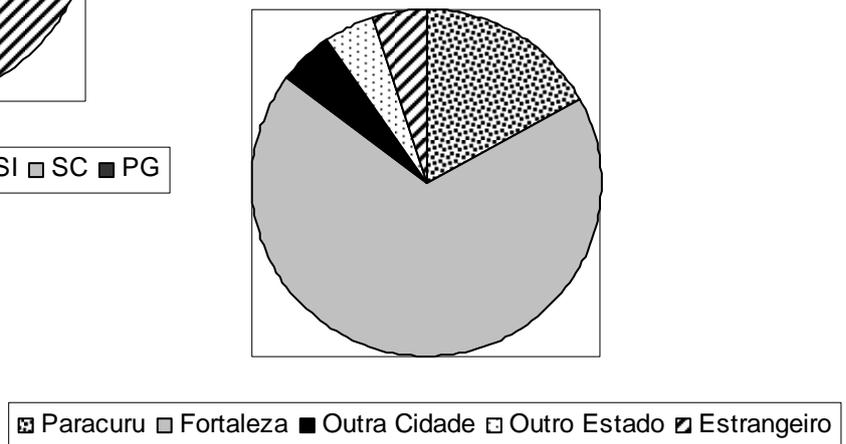


Figura 26: Perfil dos usuários da praia de Paracuru<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> A legenda do gráfico de escolaridade significa: A: Analfabeto, FI: Fundamental Incompleto, FC: Fundamental Completo, MI: Médio Incompleto, MC: Médio Completo, SI: Superior Incompleto, SC: Superior Completo e PG: Pós-Graduação.

O motivo da visita dos freqüentadores da praia de Paracuru está sintetizado na figura 27:

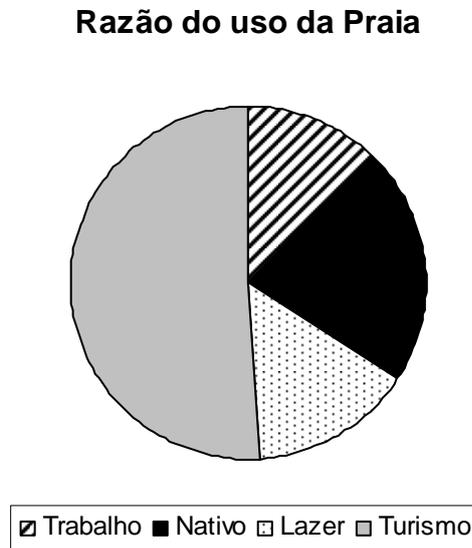


Figura 27: Percentual dos usuários da praia em razão do seu uso.

A figura acima mostra que 51,2% dos freqüentadores da praia são turistas, dos quais grande parte procura o local assiduamente nas férias atraídos pela tranquilidade e beleza do local. Em seguida, os nativos com 22% utilizam a praia para a pesca ou alguma outra atividade ligada ao mar. O lazer, como relaxar, caminhar, tomar banho de mar, para a prática de surfe ou algum esporte náutico representa 14,6%. Pessoas que estão na praia a trabalho somam 12,2% do total.

Os freqüentadores da praia são importantes para a atividade turística considerando que os investimentos feitos pelo Estado ao longo dos anos aumentaram o fluxo e promoveram a intensificação dessa atividade no Ceará. Nesse sentido a preservação de atrativos como o estado de conservação e a beleza cênica da praia representam ações mister para a atividade turística da região, além da presença de guarda-vidas e ações informativas nos locais de maior perigo para o banho de mar como a presença de rochas ou cavas que podem causar machucados ou afogamentos.

Assim, buscou-se conhecer o ponto de vista dos usuários em relação às medidas para melhorar a praia e aos perigos do banho de mar no local (figura 28)

### Opinião dos usuários em relação a melhoria da praia de Paracuru

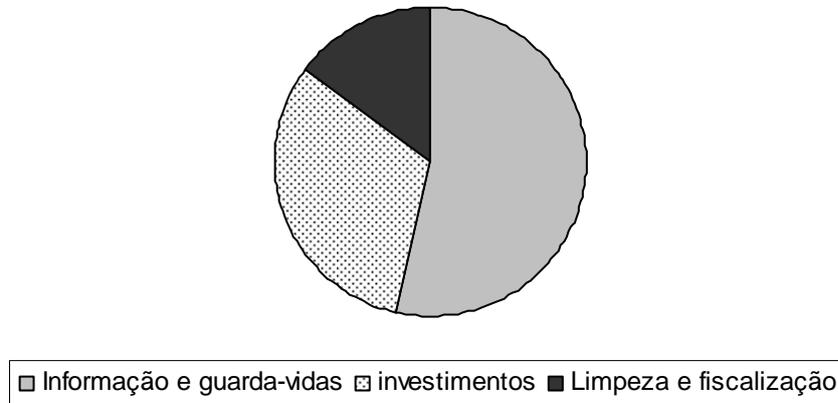


Figura 28: Opinião dos frequentadores em relação a ações de melhoria da praia de Paracuru.

As opiniões dos entrevistados convergem para um ponto comum, a presença de guarda-vidas e placas informando os locais de maior e menor perigo para o banho de mar, entretanto outras idéias foram utilizadas como critério de avaliação. Assim, além da presença de guarda-vidas e placas informativas que representaram 53,7%, investimentos na infraestrutura da praia, como melhoria nos acessos, na qualidade do atendimento das barracas, etc., vêm em segundo com 31,7%. A limpeza e a fiscalização para o tráfego de veículos na praia somam 14,6% do total.

## 7. O AMBIENTE PRAIAL E SUA MORFODINÂMICA

As transformações morfológicas significativas experimentadas pelo perfil transversal de uma praia resultam das relações estreitas entre a potência das ondas incidentes, o declive da praia e a granulometria dos sedimentos (SHORT,1999). Como pode ser observado no capítulo 05, de todos os agentes modeladores que atuam na zona costeira, as ondas são os mais importantes na mobilização e transporte de sedimentos e a forma como elas incidem na praia está fortemente relacionada com o contorno da linha de costa. Segundo Short (1987) nos ambientes com macro e mesomarés, os estágios morfodinâmicos e a mobilidade das praias são alterados com a variação da maré, resultando em diferenciações morfodinâmicas entre a parte superior e inferior do perfil, em função do domínio relativo entre os processos de transporte de sedimentos induzidos nestas regiões pelas ondas incidentes e correntes de marés.

Além de ser importante no mecanismo de transporte de sedimentos, os efeitos da meso e macromarés sobre a praia estão associados principalmente ao movimento periódico da posição da zona de espraiamento (*swash*), surf e arrebentação das ondas sobre o perfil de praia. O conhecimento das oscilações do posicionamento destas zonas é de fundamental importância na implantação e gestão de estruturas instaladas próximas às áreas de influência das marés (PINHEIRO, 2000). O desconhecimento dessa mobilidade natural das praias, como já foi discutido anteriormente, ocasionou uma série de impactos diretos na faixa de praia de Paracuru, que implicaram no recuo da praia e o ataque direto das ondas nas estruturas instaladas.

Por isso, um dos objetivos deste capítulo é avaliar o comportamento do ambiente praial em resposta às alternâncias sazonais do clima de ondas, *inputs* e *outputs* de sedimentos. Isto também inclui a identificação e zonação da praia em resposta à ação das marés, caracterização morfodinâmica e evolução das taxas de erosão e deposição em curto prazo.

Por isso, para o entendimento da dinâmica existente nesse ambiente, a faixa de praia foi analisada no contexto da compartimentação dos 04 setores da orla, que apresentaram morfologia e processos distintos.

### Setor 1

A Praia da Pedra Rachada tem como principal característica as rochas de praia existentes no estirâncio e antepraia. O cordão rochoso se concentra precipuamente entre a faixa de praia e a linha de maré baixa. O perfil praial possui uma extensão média de 147 m,

sendo 50 m de faixa de praia. Considerando a análise dos perfis, constatou-se que a mobilidade dos sedimentos concentra-se apenas na zona intertidal (estirâncio). A declividade média deste ponto foi de  $2,56^\circ$  e o volume médio foi de  $1602 \text{ m}^3/\text{mês}$  com predominância de areia fina. A altura média das ondas foi de 0,38 m, com períodos de 7,6 s.

## **Setor 2**

A Boca do Poço é caracterizada pela concentração de barracas de praia, residências e pelo fluxo de pessoas. A extensão média do perfil é de 121 m com volume e declividade médios de  $1361 \text{ m}^3/\text{mês}$  e de  $4,19^\circ$ . A altura média de ondas é de 0,55 m, o menor valor foi de 0,25 m em setembro de 2005 e o máximo foi de 1 m no mês de maio. O período médio foi de 7,33 s e a direção predominante foi de E-NE.

## **Setor 3**

Na Praia da Munguba existe o principal acesso de veículos à praia, desta forma agrega um grande número de barracas e restaurantes. O perfil desta praia apresentou a extensão mais significativa (147 m) e baixas declividades ( $2,52^\circ$ ) e volume médio de  $1429 \text{ m}^3/\text{mês}$ . A altura média das ondas foi de 0,37 m, período de 7,97 s.

A instabilidade morfodinâmica na Praia do Coqueirinho é acentuada pela ocupação que se deu de forma desordenada tomando a zona de pós-praia. Assim, a ação da maré é restrita em um perfil médio de 102 m de extensão, declividade média de  $5,14^\circ$  e volume médio de  $1406 \text{ m}^3/\text{mês}$ , com surgimento de berma no mês de novembro de 2005 e erosão até o perfil tomar um nível médio no mês de janeiro de 2006. A quantidade de sedimentos removidos do local foi significativa, levando em consideração a altura da calçada nos meses iniciais dos experimentos para a altura atual, cerca de 1,8 m de diferença. A altura média de ondas nesse local foi 0,58 m, período médio de 7,53 segundos. Vale ressaltar que a qualidade da água neste ponto é comprometida em função do esgoto lançado diretamente na praia, chegando, em alguns meses, a formar um canal que modifica o perfil praial (figura 29).



Figura 29: Remobilização de material arenoso pela emissão de esgoto comprometendo a qualidade da água.

A praia da Pedra do Meio está localizada entre promontórios e tem como característica falésias vivas com aproximadamente 5 m de altura. A extensão média do perfil é de 83 m, volume médio de 629 m<sup>3</sup>/mês e declividade média com ângulo de 5°. A altura média de ondas foi de 0,53 m com período de 7,28 s e direção N-NE. Esta área é freqüentada primordialmente por moradores locais, estes praticam futebol e tomam banho nos exutórios das falésias. A ocupação em terrenos dessa natureza é preocupante caso não haja tratamento adequado das fossas sépticas. A porosidade de terrenos sedimentares na zona costeira concorre para a infiltração de dejetos domésticos que são expelidos através dos exutórios das falésias.

A Praia da Carnaubinha passa por um intenso processo de erosão verificado desde os primeiros meses de monitoramento. Na tentativa de minimizar o efeito das ondas em uma propriedade, foram colocados blocos de rochas que funcionam como uma parede para amenizar o efeito das ondas. Entretanto essa barreira tem favorecido o processo de erosão no local. A extensão média do perfil de praia é de 104 m, volume médio de 1836 m<sup>3</sup>/mês e declividade média de 2,65°. A altura média de ondas é de 0,59 m e período médio de 7,48 s e direção predominante de E-NE. A erosão acentuada nesse ponto foi verificada ao longo do monitoramento realizado. Em novembro de 2005, no quarto mês da pesquisa, havia 4 coqueiros, em janeiro do ano seguinte havia apenas 2. A ação das ondas *swell* nesse período

resultou na derrubada dos muros das casas e coqueiros, onde alguns foram arrastados por mais de 300 m do local. (figura 30).

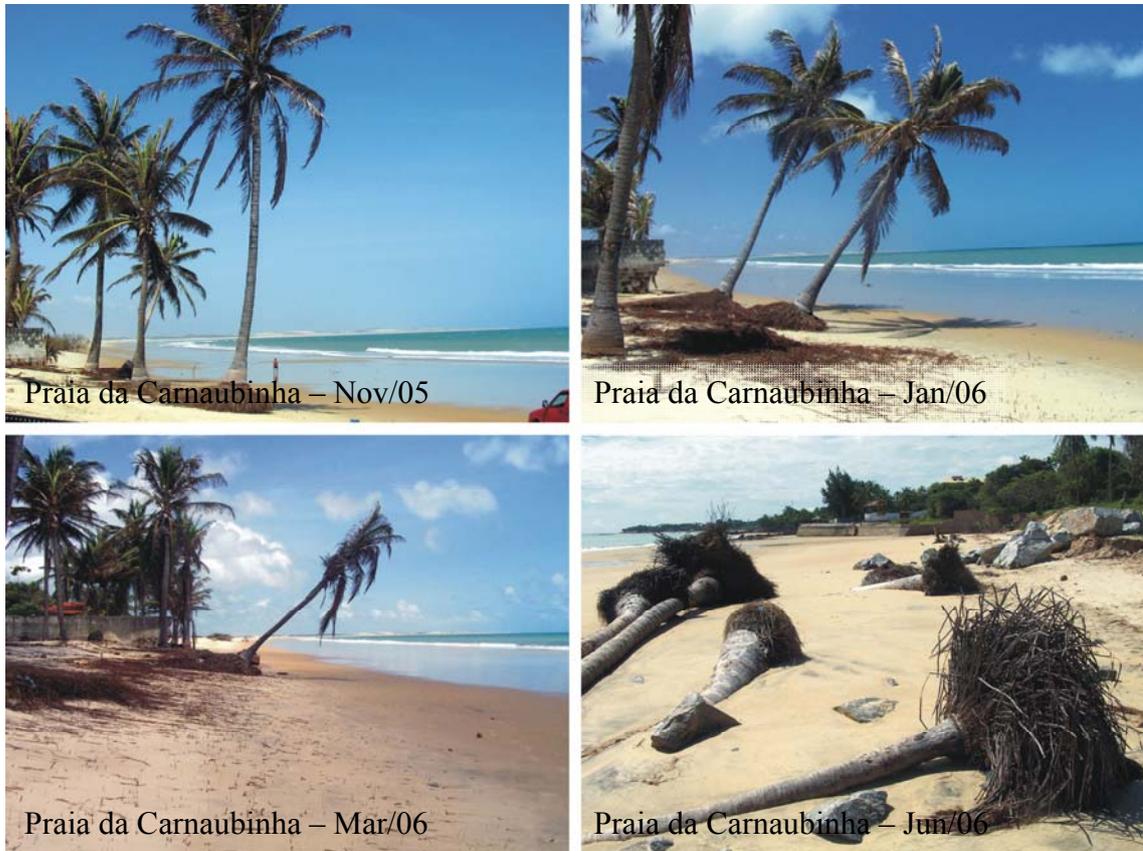


Figura 30: Fotos tiradas nos meses de Novembro de 2005, Janeiro, Março e Junho de 2006; mostrando o processo de erosão severa na praia da Carnaubinha.

#### Setor 4

A Praia da Barra localiza-se próximo à foz do estuário do Rio Curu. Esta praia é caracterizada pela presença de vegetação de mangue e salsa de praia na pós-praia. A extensão média do perfil é de 102 m, com volume médio de 1800 m<sup>3</sup>/mês e declividade média de 3,98°. Nesse trecho foram verificadas as maiores alturas de ondas (0.68 m), com período médio de 7,75 s e direção de E-NE. O Rio Curu, em alguns meses, exerce função de espigão hidráulico, porém teve seu contato com o mar vedado no período de estiagem. Nesse ponto não há presença de rochas ou promontórios que possam modificar drasticamente a morfodinâmica do local.

Os sedimentos predominantes foram areias médias, entretanto houve grande porcentagem de areias finas e grossas respectivamente. A figura 31 representa de forma resumida o panorama dos parâmetros morfodinâmicos supracitados na praia de Paracuru.

**QUADRO SÍNTESE DOS PARÂMETROS MORFODINÂMICOS**

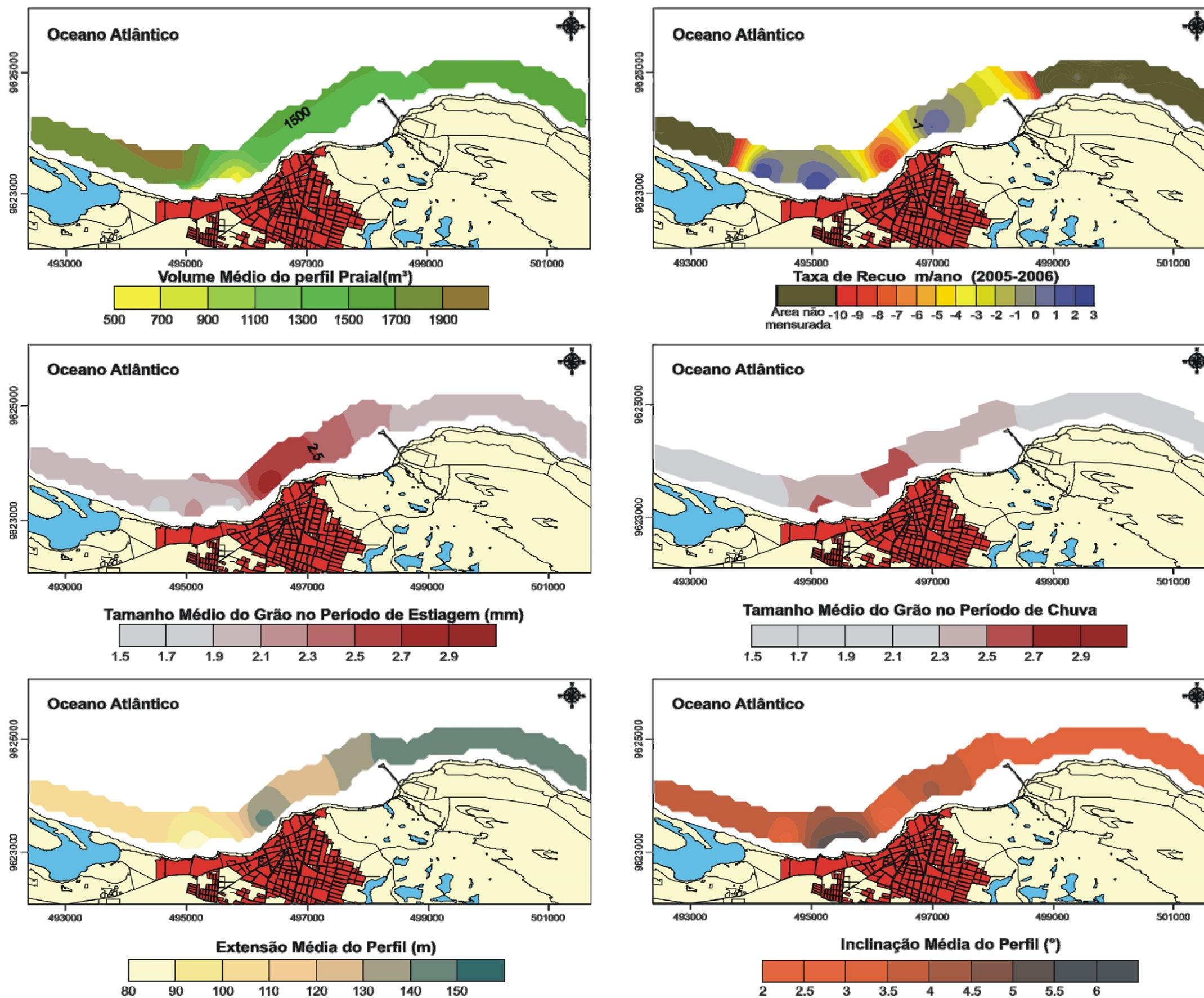


Figura 31: Quadro síntese dos parâmetros morfodinâmicos.

### 7.1. Classificação Morfodinâmica do Ambiente Praial

Este item consiste na integração dos dados de hidrodinâmica, sedimentologia e perfis de praia, para o enquadramento da praia da Caponga nos estágios de morfodinâmica praial propostos por Wright & Short (1984), Wright et al., (1985) e Short (1987). Essas classificações estão sendo aplicadas com sucesso em diversas áreas da costa brasileira para o estabelecimento da susceptibilidade e grau de vulnerabilidade dos ambientes praias. A aplicação desses atributos em relação às condições de ondas na costa do Ceará foi realizada por Maia (1998), Pinheiro (2003), Albuquerque (2006), na faixa de praia ao longo da Região Metropolitana de Fortaleza, onde os resultados obtidos apresentaram uma boa relação entre as análises pretéritas de evolução a médio e curto prazo.

Segundo Short (1987) nos ambientes com macro e mesomarés, os estágios morfodinâmicos e a mobilidade das praias são alterados com a variação da maré, resultando em diferenciações morfodinâmicas entre a parte superior e inferior do perfil, em função do domínio relativo entre os processos de transporte de sedimentos induzidos nestas regiões pelas ondas incidentes e correntes de marés. Além de serem importantes no mecanismo de transporte de sedimentos, os efeitos da macro e mesomarés sobre a praia estão associados principalmente ao movimento periódico da posição da zona de espraiamento (*swash*), surfe e arrebenção das ondas sobre o perfil de praia.

Segundo Komar (1998), a partir da declividade do perfil praial, os sedimentos que constituem a praia podem funcionar como pára-choques dos ataques das ondas, protegendo falésias ou instalações urbanas de um real processo de erosão. Desta forma, a classificação morfodinâmica da praia de Paracuru foi, na maior parte do ano, Intermediária, com 69% de frequência, logo, pode-se estimar um número de 252 dias do período estudado (figura 32).

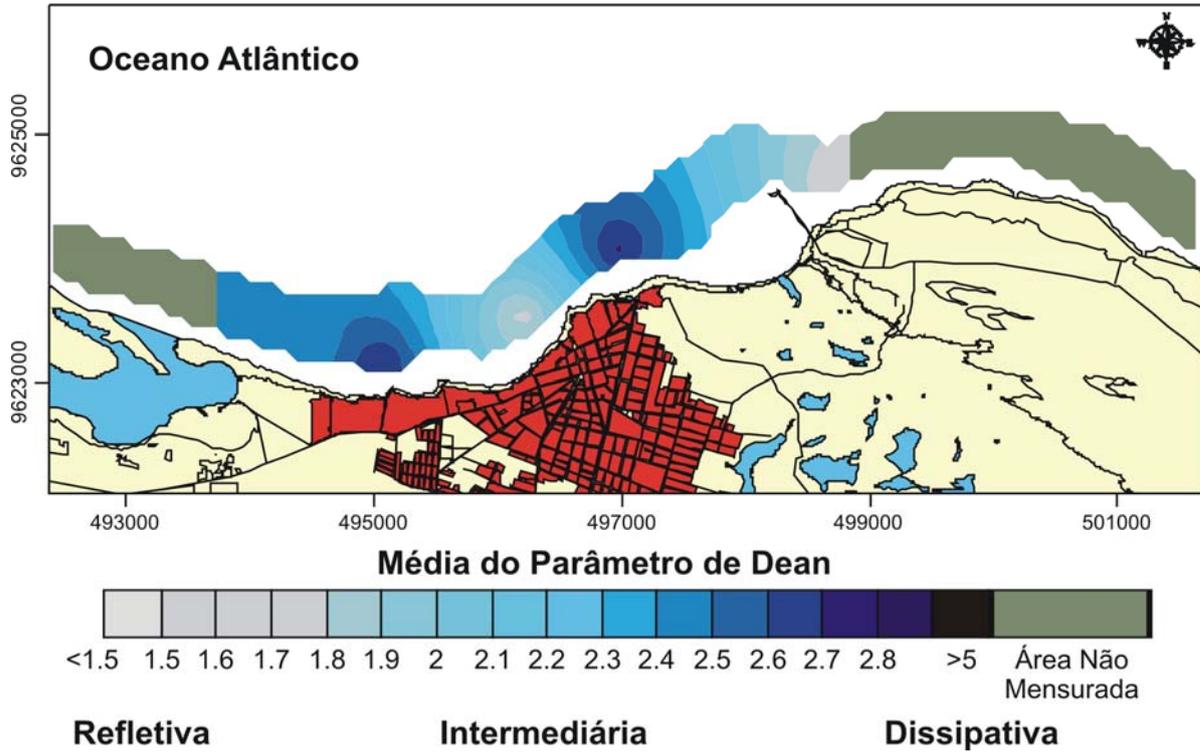


Figura 32: Variação dos estados morfodinâmicos da praia de Paracuru.

## 7.2. Outras Variáveis Importantes no Controle da Morfodinâmica Praial

Outros parâmetros importantes são aqueles que abrangem maior extensão espacial e estão relacionados à elevação e vegetação. A elevação média dos terrenos emersos na área delimitada como Orla Marítima é de 10 m. Os setores com menor elevação foram os verificados nas proximidades das praias da Barra, Pedra Rachada e na APA (Perfil de Controle 3). A elevação do terreno indica a susceptibilidade à inundação, a exemplo da faixa de praia na margem direita da foz do rio Curu, que é alcançada nos períodos de ressaca (figura 33).



Figura 33: Área com baixa elevação e maior susceptibilidade a inundações, e vegetação de mangue.

Fonte: Google Earth 2007.

A malha urbana no núcleo central da cidade inicia-se aproximadamente na cota de 5 m. Na boca do poço e na praia da Munguba, as estruturas urbanas estão na cota de 4 m, o que favorece o ataque das ondas nas marés de tempestade e nas fases de preamar de sizígia, respectivamente (figura 34).

# REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS PERFIS TOPOGRÁFICOS

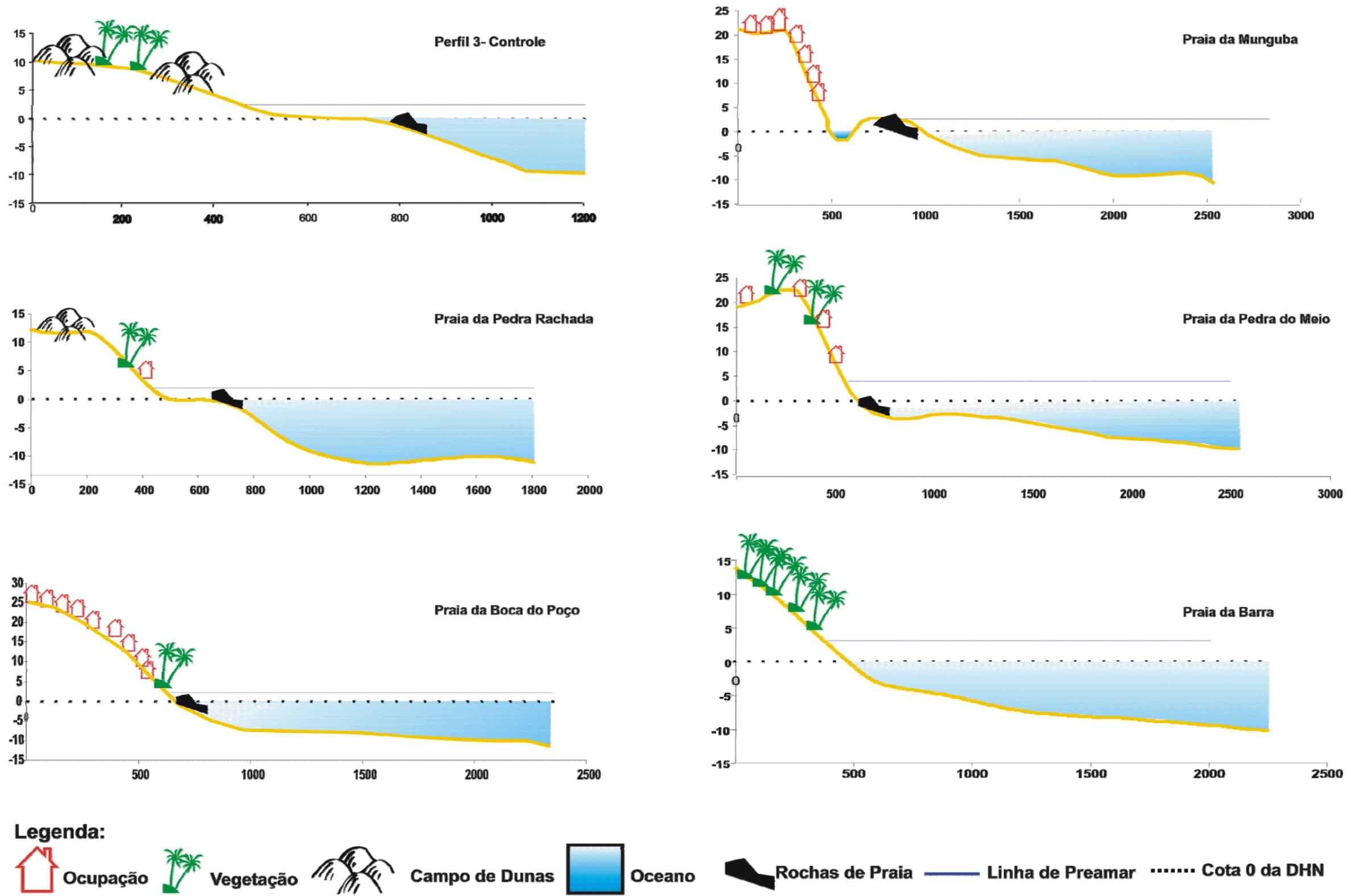


Figura 34. Perfil altimétrico da Orla Marítima da área estudada. Fonte: Interpolação dos dados das cartas de bordo da DHN (2001), perfis de Praia (2005-2006), Levantamentos Planialtimétricos da SEDURB (1999) e Modelo Digital do Terreno da CPRM (2000).

A cobertura vegetal indica baixo potencial erosivo, pois é eficiente na fixação de sedimentos arenosos atenuando a ação eólica e conseqüentemente a erosão. Em muitos casos, os populares constroem uma casa e desmatam o terreno ao seu redor para atividades agrícolas, ou criação de animais. A vegetação mais significativa é o manguezal localizado nas proximidades da foz do Rio Curu (figura 33). As áreas de mangue além de indicarem locais de inundação, ajudam na fixação da linha de costa, sendo que o desmatamento dessa vegetação ocasiona graves impactos ambientais. As condições do terreno se sobrepõem às condições climáticas para determinar o tipo de vegetação presente na praia.

A drenagem constitui uma importante variável no controle morfodinâmico e surgimento de erosões localizadas na faixa de praia. Isto ocorre quando o canal corta perpendicularmente o perfil de praia. O desnível das cotas provoca a aceleração da massa d'água após a arrebentação na maré alta gerando uma resultante longitudinal que erode o estirâncio e solapa as areias na base das estruturas rígidas. O desnível favorece também o acúmulo prolongado de águas decorrentes da inundação de *overwash*. Exemplos disto podem ser observados nas e/ou na praia da Boca do Poço, Munguba, Carnaubinha e Barra (figura 35).

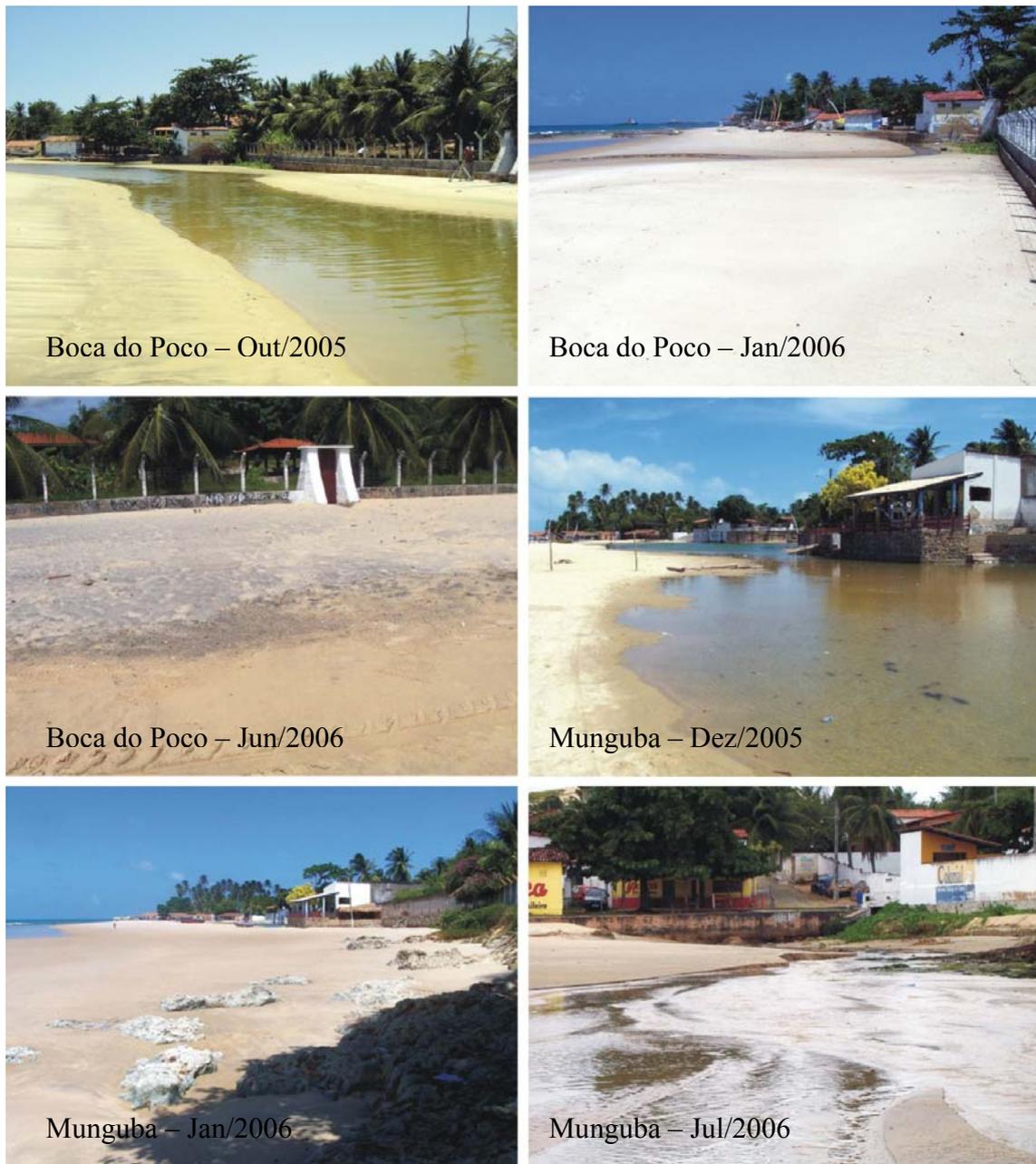


Figura 35: Presença de desembocaduras de riachos e galerias pluviais favorecendo áreas de inundação que alteram o perfil praial.

Outros aspectos que se deve considerar na gestão de cidades que tem como principal vocação de suas praias são as atividades de turismo, lazer e o controle de efluentes. Ao longo da faixa de praia são verificadas ressurgências e canais com odor e coloração característicos de efluentes de esgotos, oriundos provavelmente das casas, hotéis e barracas (figura 36). Nessas áreas são verificados acúmulos de resíduos sólidos provenientes das atividades

recreacionais (garrafas e utensílios plásticos, sacos e palitos de picolé, etc.) e artefatos de pesca (pedaços de redes, isopor, madeiras, etc).



Figura 36: Formação de canal pelo esgoto na praia do Coqueirinho em Agosto de 2005 e Junho de 2006.

As estruturas de engenharia existentes no litoral de Paracuru são: o píer vazado da Petrobras na praia da Pedra Rachada e um enrocamento na praia da Carnaubinha colocado por proprietários de casas de veraneio para proteção de seus patrimônios. O píer não interfere no transporte longitudinal de sedimentos por ser uma obra vazada, ou seja, o transporte de sedimentos não é barrado e a areia passa por entre os pilares de sustentação da estrutura. Em contrapartida, o *seawall* construído para proteção de residências intensificou na erosão à oeste desse ponto (figura 37).



Figura 37: Obras de engenharia costeira em Paracuru.

### 7.3. Aplicação da Morfodinâmica Praial na Identificação de Riscos no Banho de Mar

De acordo com Komar (1976 *apud* HOEFEL 1998) cerca de dois terços da população mundial vive na zona costeira, logo, os ambientes litorâneos como praias, estuários, lagoas costeiras, lagunas, dentre outros, são afetados inteiramente pelos impactos do crescimento demográfico mundial. Somado a isso, as praias são ambientes de alta atratividade tanto para atividades turísticas ou de lazer, como propiciam o desenvolvimento de cidades, comércio, indústrias, etc.

Por ser um local de atração e interatividade de pessoas de diversas classes sociais, etnias, faixa etária, dentre outros antagonismos, a praia adquire um caráter de interação heterogênea ou um ambiente democrático. Segundo Chistoffoli (2000) o império romano consignou através de mosaicos em vilas próximas ao mar o registro mais antigo de uso da praia pelas sociedades ocidentais.

Em meio às atividades de lazer dos usuários da praia, o banho de mar é o mais comum e também o mais perigoso. A relação de contato do usuário com a água majora os riscos potenciais do banho de mar, sejam eles adquiridos por águas poluídas e/ou contaminadas, ou acidentais, de caráter físico, como machucados, hematomas, fraturas, afogamentos, ou até mesmo fatais. Portanto, a atuação do poder público e da população local em harmonizar ações de gestão com as fragilidades, limitações e potencialidades ambientais da praia é decisiva na consolidação do turismo como atividade econômica sustentável. Essas ações devem ser realizadas periodicamente associadas a patrulhas de fiscalização e, caso necessário, a implantação de obras costeiras que permitam a estabilidade da praia no que diz respeito à qualidade da água, paisagem local e preservação ambiental.

Segundo Klein et al. (2003) cerca de 490.000 pessoas morrem de afogamento no mundo. Outro fato que deve ser destacado são as seqüelas pós-trauma que permanecem durante toda a vida do indivíduo. De acordo com Short (1999), as causas de acidentes são inúmeras, que vão desde o desconhecimento do local pelo usuário, passando pela presença de estruturas rochosas, ou buracos submersos, até fortes correntes de retorno presentes na zona de surfe.

Ao longo do litoral brasileiro, especialmente o de Paracuru, há pontos susceptíveis a um desequilíbrio no balanço sedimentar, podendo causar processos erosivos. Além disso, as praias são ambientes que podem oferecer riscos aos usuários, pois formam entre o limite da pós-praia e das águas com maior profundidade, variações topográficas como barras e calhas,

que em conjunto com ação das ondas e das correntes litorâneas junto à linha de costa contribuem para a intensificação do risco de banho. Perigos adicionais são produzidos por fatores regionais como a escala de maré e fortes ventos e fatores locais como rochas de praia e/ou recifes (SHORT, 2000).

Por isso, o objetivo deste sub-capítulo é apresentar a classificação morfodinâmica na identificação de possíveis riscos de banhos aos usuários da praia de Paracuru baseados nos estudos realizados por Carvalho e Sousa (2006).

A praia de Paracuru é bastante procurada para a prática de esportes como *surf*, *kitesurf*, *windsurfe*, estando inserida na rota de investimentos do PRODETUR. Praticamente em toda a sua faixa de praia, ocorrem atividades na qual ocorre o contato direto do usuário da praia com o mar.

Como pode ser observado na figura 38, a praia é considerada pouco perigosa em relação aos riscos sazonais, que inclui variação no comportamento da morfologia praial, das ondas e correntes. As áreas de riscos permanentes representam os setores com maiores potencialidades de acidentes associados ao banho de mar, dentre eles destacam-se a foz do rio Curu e o setor com afloramentos de rochas de praia que submersas nos episódios de preamar.

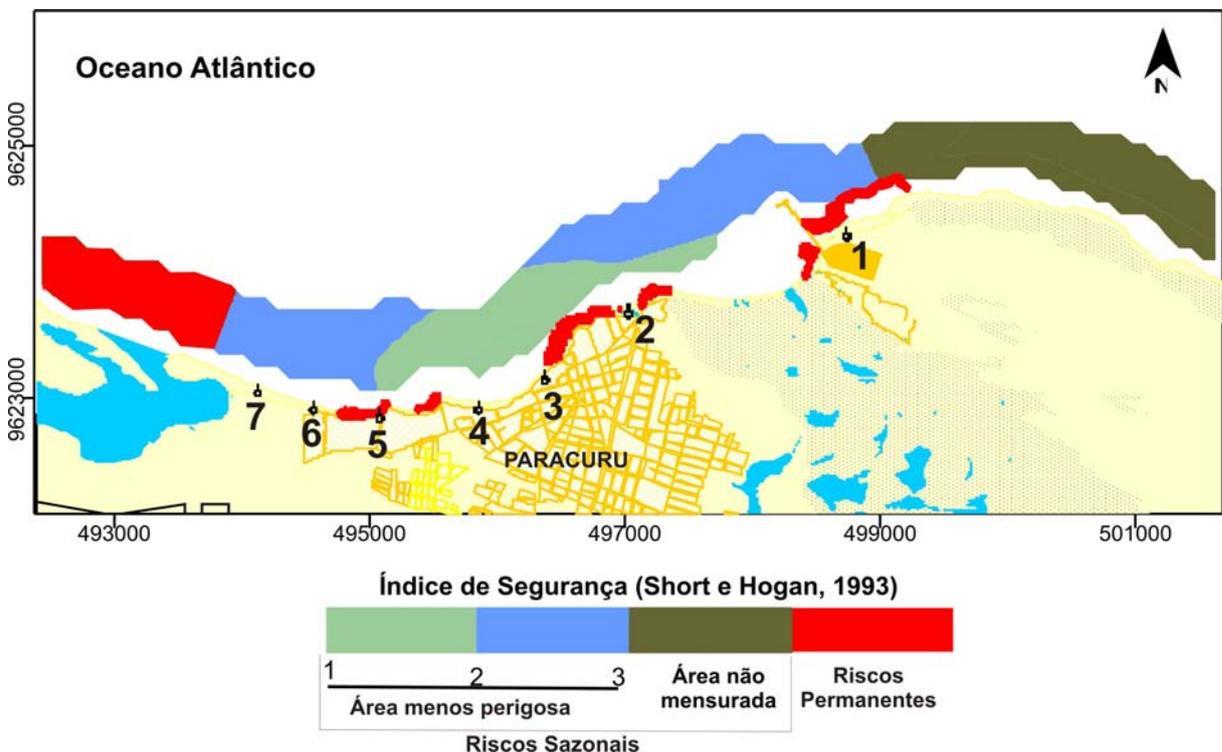


Figura 38: Índice de segurança de Short e Hogan (1993) aplicado na praia de Paracuru.

Os riscos do banho de mar classificados acima, representam perigos potenciais para os banhistas, principalmente para crianças e aqueles que freqüentam a praia pela primeira vez. Assim, a percepção dessas pessoas em relação aos perigos no banho de mar é essencial para a prevenção de acidentes. Na aplicação de 41 questionários nos finais de semana, para avaliar a percepção sobre os riscos no banho de mar foi observado que 51,2% das pessoas consideram as rochas de praia os maiores riscos. As ondas e correntes foram apontadas por 17,1% dos usuários. As cavas ou buracos na praia representaram 14,6%, a ausência de guarda-vidas foi citada por apenas 4,9% dos entrevistados, e 9,6% disseram não haver perigos na praia (figura 39). Esses dados corroboram com os obtidos na classificação proposta por Short e Hogan (1993), que apontou as áreas classificadas como de riscos permanentes com maiores possibilidades de acidentes associadas ao contato direto com a água.

#### Percepção dos usuários da praia de Paracuru em relação aos riscos de banho de mar

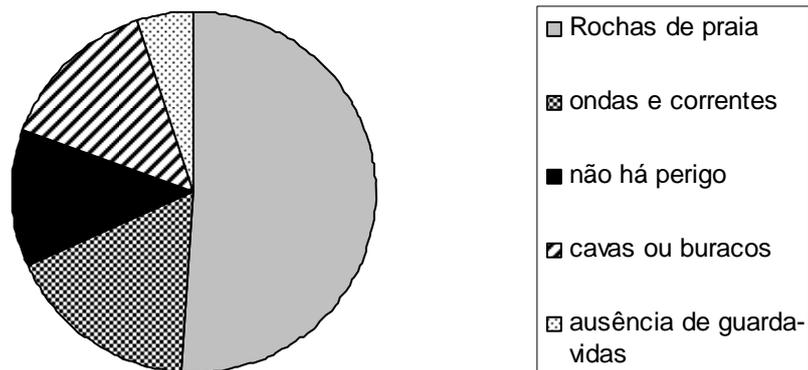


Figura 39: Percepção dos usuários em relação aos riscos do banho de mar em Paracuru.

## **8. INDICADORES DE RISCOS E VULNERABILIDADE AO PROCESSO DE EROSÃO COSTEIRA**

O litoral de Paracuru em si apresenta forte tendência a processos erosivos evidenciados no recuo da linha de costa, no avanço do mar sobre barracas de praia, no forte processo de ocupação, no ataque direto das ondas aos equipamentos urbanos, nas mudanças abruptas no perfil praiial, dentre outros fatores. Entretanto uma avaliação minuciosa em menor escala revela que as praias inseridas na área estudada apresentam peculiaridades que distinguem a vulnerabilidade de cada trecho.

Diversos autores, ao trabalhar com erosão nas costas sedimentares, assinalam que os principais agentes modeladores da costa são as ondas aliadas à oscilação de maré, e os fatores condicionantes são: o tipo e durabilidade do material rochoso, a estabilidade da posição da faixa praiial, a abertura da costa a ataques das ondas, a profundidade ao largo (THORNBURY, 1954). Somado a esses agentes condicionantes, pode-se validar os processos de ocupação, uso e exploração do ambiente costeiro, dentre outros fatores que catalisam os processos erosivos na costa.

O processo de ocupação desordenado no litoral de Paracuru vem influenciando nas atividades sazonais de deposição e remoção de sedimentos arenosos. Nesse sentido, os parâmetros primordiais para a avaliação rápida dos riscos e perigos costeiros podem ser realizados através de geoindicadores, tais como a elevação e / ou inclinação do terreno, a configuração ao largo e dos campos de dunas, as condições de vegetação, a taxa de erosão, a declividade, extensão e largura da faixa de praia, a presença e influência de obras de engenharia costeira e o tipo de solo. Desse modo, pode-se classificar a praia quanto à vulnerabilidade, além de servir como subsídio para o desenvolvimento sustentável e propor sugestões para o melhor manejo e gestão integrada da região. A síntese dos geoindicadores utilizados está organizada na tabela 4.

<b>GEOINDICADORES DE RISCOS DO LITORAL DE PARACURU</b>							
<b>Geoindicadores</b>	Propriedade de risco de dano no local específico para áreas costeiras com materiais inconsolidados e susceptíveis à erosão.						
	<b>Pedra Rachada</b>	<b>Boca do Poço</b>	<b>Munguba</b>	<b>Coqueirinho</b>	<b>Pedra do Meio</b>	<b>Carnaubinha</b>	<b>Barra</b>
<b><i>Parâmetros Gerais</i></b>							
Elevação	3 – 6 m	3 – 6 m	3 – 6 m	3 – 6 m	3 – 6 m	3 – 6 m	<3m
Vegetação	Ausência ou pouca vegetação.	Ausência ou pouca vegetação.	Ausência ou pouca vegetação.	Ausência ou pouca vegetação.	Ausência ou pouca vegetação.	Ausência ou pouca vegetação.	Presença de vegetação de restinga e de mangue
<b><i>Parâmetros Costeiros</i></b>							
Configuração ao Largo	Presença de recifes e rochas de praia.	Presença de barras arenosas e rochas de praia.	Amplo <i>fetch</i> com plataforma-rasa aberta e presença de barras arenosas e rochas de praia.	Presença de barras arenosas.	Presença de recifes e barras arenosas.	Amplo <i>fetch</i> com plataforma-rasa aberta e com poucos obstáculos e energia de onda intensificada pro obras costeiras.	Amplo <i>fetch</i> com plataforma-rasa aberta e com poucos obstáculos.

Taxa de erosão	Erosão	Erosão	Erosão	Erosão	Erosão	Erosão Severa	Erosão
Extensão, inclinação e largura da praia	Praia plana e extensa com largura moderada.	Praia extensa com inclinação e largura moderadas.	Praia plana, com grande extensão e baixa declividade.	Praia pouco extensa, com grande declividade e extensão moderada.	Praia estreita, com declividade moderada e perfil pouco extenso.	Praia com baixa declividade, pouco extensa e largura moderada.	Praia com declividade, extensão e largura moderadas.
Configuração das dunas	Presença de campo de dunas frontais (móveis).	Presença de campo de dunas frontais (móveis).	Ausência de dunas.	Ausência de dunas.	Ausência de dunas.	Ausência de dunas.	Presença de dunas interiores já fixadas.
Inundação	Não há inundação.	Inundação ocasional.	Inundação ocasional.	Não há inundação.	Não há inundação.	Não há inundação.	Inundação ocasional.
Estruturas de engenharia	Presença de um Píer.	Ausência de obras costeiras.	Ausência de obras costeiras.	Ausência de obras costeiras.	Ausência de obras costeiras.	Presença de <i>seawall</i> .	Ausência de obras costeiras.
Taxa de Ocupação	Baixa	Alta	Alta	Alta	Moderada	Moderada	Baixa
<b><i>Parâmetros de Entrada</i></b>							
Local para formação de enseadas ou desembocaduras de rios ou riachos	Distante	Próximo	Em vista	Próximo	Próximo	Em vista	Próximo
Potencial de	Não há presença	Presença de	Canais	Presença de	Presença	Boca de rio	Próximo à

entrada	de canais ou rios próximos.	canal com migração verificada no período monitorado.	estreitos nas proximidades do local.	canal com migração verificada no período monitorado.	de canal desaguando sobre as falésias mortas.	localizada distante do local.	foz do Rio Curu.
<b>Parâmetros Interiores</b>							
Drenagem	Boa	Boa	Moderada	Moderada	Boa	Boa	Boa
Solo	Permeável	Permeabilidade moderada em função da ocupação.	Permeabilidade moderada em função da ocupação.	Permeabilidade moderada em função da ocupação.	Permeável	Permeável	Permeável
Outras características	Proximidade com o píer da PETROBRAS/SA e campos de dunas frontais.	Presença de rochas de praia e campos de dunas frontais e aglomeração de barracas de praia.	Faixa de praia com grande extensão e ocupação desordenada.	Ocupação desordenada e presença de esgoto jogado diretamente no mar.	Presença de falésias.	Ponto com erosão visível em função do <i>seawall</i> .	Presença de dunas interiores fixadas, proximidade com o estuário do Rio Curu e presença de maguezal.
<b>Legenda:</b>							
	<b>Baixo Risco</b>						
	<b>Risco Moderado</b>						
	<b>Alto Risco</b>						

Tabela 4: Geoindicadores de risco do litoral de Paracuru. Adaptado de Bush et al. (1999).

A avaliação dos riscos e perigos realizada através dos geoindicadores proposta por Bush et al. (1999) assinalou que a praia de Paracuru apresenta variabilidade diversificada à medida que as feições ou tipos de uso do solo variam ao longo da costa. A tabela 5 mostra o percentual da vulnerabilidade de cada ponto monitorado.

Tabela 5: Percentual de vulnerabilidade da costa de Paracuru. Os valores em negritos são aqueles que mostraram maior relevância na análise da área.

<b>Percentual de vulnerabilidade em cada ponto monitorado.</b>			
	<b>Alto</b>	<b>Moderado</b>	<b>Baixo</b>
<b>Pedra Rachada</b>	8	23	<b>69</b>
<b>Boca do Poço</b>	31	<b>38</b>	31
<b>Munguba</b>	23	<b>54</b>	23
<b>Coqueirinho</b>	<b>46</b>	39	15
<b>Pedra do meio</b>	23	31	<b>46</b>
<b>Carnaubinha</b>	<b>46</b>	23	31
<b>Barra</b>	31	<b>38</b>	31

Fonte: Dados elaborados.

As praias que apresentaram os menores índices foram a praia da Pedra Rachada e a praia da Carnaubinha. A praia da Pedra Rachada é caracterizada pela proximidade com o campo de dunas, presença de arenitos de praia e baixo índice de ocupação que conferem ao local baixa vulnerabilidade aos riscos costeiros. Neste setor, as dunas funcionam como barreiras naturais do continente que protegem a praia em condições de ondas de tempestade como foi observado no mês de fevereiro de 2006, quando as ondas esculpiram uma escarpa de erosão nas dunas localizadas próximas ao píer (figura 40). É importante ressaltar que apesar da baixa vulnerabilidade desse setor, as alterações no processo de refração de ondas decorrentes dos pacotes de *beachrocks*, resultam em erosões localizadas principalmente quando da ocorrência de ondas de tempestade (*swells*).



Figura 40: (a) Erosão no campo de dunas; (b) restaurante localizado no local teve seu muro destruído pelas ressacas no mês de janeiro de 2006.

Os estudos realizados na praia da Pedra do Meio mostraram estabilidade no perfil praiar. A variação de sedimentos durante a pesquisa mostrou-se satisfatória sem indícios de erosão nesse ponto. O local é cercado por falésias e rochas de praia, conferindo ao trecho em questão características de praia rochosa e oferecendo proteção às residências ali instaladas contra os ataques diretos das ondas. Todavia a construção de residências sobre falésias é preocupante, pois fossas sépticas podem vir a poluir a parte interna da falésia transferindo os dejetos de esgoto para a praia através dos exutórios. O fluxo de pessoas no local é predominantemente de nativos que se utilizam do riacho para lavar roupa, tomar banho ou para atividades esportivas na praia.

O litoral de Paracuru aduziu valores relevantes no que concerne ao estado de risco moderado. Na avaliação, os trechos que apresentaram vulnerabilidade moderada foram as praias da Boca do Poço, da Munguba e da Barra. O início da urbanização próximo ao campo de dunas ocorre na praia da Boca do Poço. Nesse trecho ocorreu grande variabilidade topográfica em função do riacho homônimo que se fez presente em grande parte do período monitorado (figura 35), apesar da alimentação de sedimentos advindos do campo de dunas que são transportados pelo riacho e das rochas de praia que em alguns casos funcionam como proteção natural contra os processos erosivos, esse ponto apresentou traços fortes de erosão como a exumação de raízes dos coqueiros, exposição das fundações de barracas de praia e retirada de material das proximidades da estrutura urbana (figura 41).



Figura 41: Processo de erosão na praia da Boca do Poço.

A praia da Boca do Poço é o local de maior fluxo de pessoas e veículos, onde são instaladas barracas, residências e alguns restaurantes, entretanto a proximidade dessas estruturas com o mar, propicia a ocorrência de danos nessas propriedades por conta das ressacas. Em muitos trechos da praia a vegetação deu espaço a empreendimentos residenciais, turísticos e comerciais, aumentando a vulnerabilidade dessa praia. O campo de dunas existente no local migra na direção de algumas barracas de praia e do riacho Boca do Poço. Observou-se as dificuldades dos moradores em lidar com esse problema. Nos arredores do local, foram colocadas estruturas naturais na tentativa de conter o avanço da duna em direção às barracas, porém o morador está constantemente retirando areia do local (figura 42).



Figura 42: Migração do campo de dunas sobre barracas na praia da Boca do Poço.

A praia da Munguba apresentou perfil praiar predominantemente plano, com grande extensão e baixa inclinação. Apesar das peculiaridades desse trecho, foram detectados traços de erosão justificados na exumação de rochas de praia na zona de estirâncio, tendo em vista que a ocupação nessa área é intensa e se deu sobre a zona de pós-praia.

A praia da Barra é adjacente à desembocadura do estuário do rio Curu. O tipo de vegetação predominante no local é a Vegetação Paludosa Marítima de Mangue. O manguezal retém sedimentos oriundos do transporte fluvial que servem tanto como fonte de nutrientes para reprodução de diversas espécies aquáticas que se utilizam desse ambiente para reprodução, como para evitar processos erosivos na área. A função de espigão hidráulico no estuário do rio ocorre sazonalmente, pois a foz é vedada por sedimentos arenosos em alguns períodos do ano.

A praia da Barra é aberta ao ataque das ondas que modificam constantemente seu perfil praiar tornando difícil o monitoramento do perfil de praia no local. No mês de abril de 2006, a camada de areia foi erodida expondo a estrutura de marcação do RN (figura 43), e em julho do mesmo ano, as ondas esculpiram uma escarpa no perfil com aproximadamente 1 metro de altura.



Figura 43: Erosão na praia da Barra.

As praias que apresentaram alta vulnerabilidade são as praias do Coqueirinho e Carnaubinha. A soma dos processos naturais e antrópicos sobrevieram esse ambiente ao atual estado de alta vulnerabilidade.

A praia do Coqueirinho está localizada a sudoeste de um promontório, onde a tensão do processo de difração intensifica a dinâmica natural da praia. A ocupação no local é basicamente de casas de veraneio, entretanto, a implantação dessas residências foi dada na zona de pós-praia, alterando a rotina sazonal da variação sedimentar e desmatando a vegetação ao longo desse trecho. A ausência de barreiras naturais, a pouca extensão da faixa de praia, a presença do esgoto com capacidade de remobilização de sedimentos corroboram com a alta vulnerabilidade do local, que é afetado mais efetivamente nos períodos de ressaca do mar. Ao restringir as zonas da praia, os processos erosivos são favorecidos e intensificados. A recuperação dessas áreas torna-se uma ação de grande complexidade, pois a destruição e remanejamento dessas residências são difíceis tendo em vista o valor dos imóveis e os impactos já verificados no local.

A praia da Carnaubinha apresentou o mesmo percentual de vulnerabilidade da praia do Coqueirinho, entretanto a erosão que ocorre nesse ponto é arrebatadora e modificou drasticamente a paisagem do local. A implantação de uma obra costeira do tipo *seawall* foi responsável pelas mudanças súbitas que ocorreram na praia. Como visto no início deste capítulo, as raízes dos coqueiros foram expostas até que muitos foram levados pelas ondas, além disso, a pouca vegetação existente no local não foi eficaz na retenção dos sedimentos e a erosão no local gerou barrancos com aproximadamente 5 m de altura derrubando árvores antigas à beira-mar (figura 44).



Figura 44: *Seawall* e suas conseqüências.

Como resultado do estudo realizado, os geoindicadores mostraram que o litoral de Paracuru apresenta vulnerabilidade moderada a alta na maior parte da área estudada. O problema maior no local é a ocupação que resultou no desmatamento da vegetação pioneira, influenciou no fluxo de sedimentos arenosos no sistema praia-oceano, além de sofrer com os processos causados pela erosão em alguns trechos. As opções para mitigar os danos causados às propriedades podem ser: a implantação de obras costeiras eficazes na retenção de sedimentos marinhos e conseqüente reabilitação da praia, antes do surgimento de danos mais graves na área, evitar a expansão urbana em direção ao mar e às margens de rios para preservação da mata ciliar, desfavorecendo assim o assoreamento da foz e a diminuição de sedimentos na alimentação de praias adjacentes, a implantação e gerenciamento das APAs das Dunas de Paracuru e do Estuário do Rio Curu são determinantes na preservação de áreas essenciais para manutenção natural da zona costeira de Paracuru, evitar a extração de minérios e repensar algumas obras costeira existente no local. A figura 45 sumaria a vulnerabilidade do litoral de Paracuru.

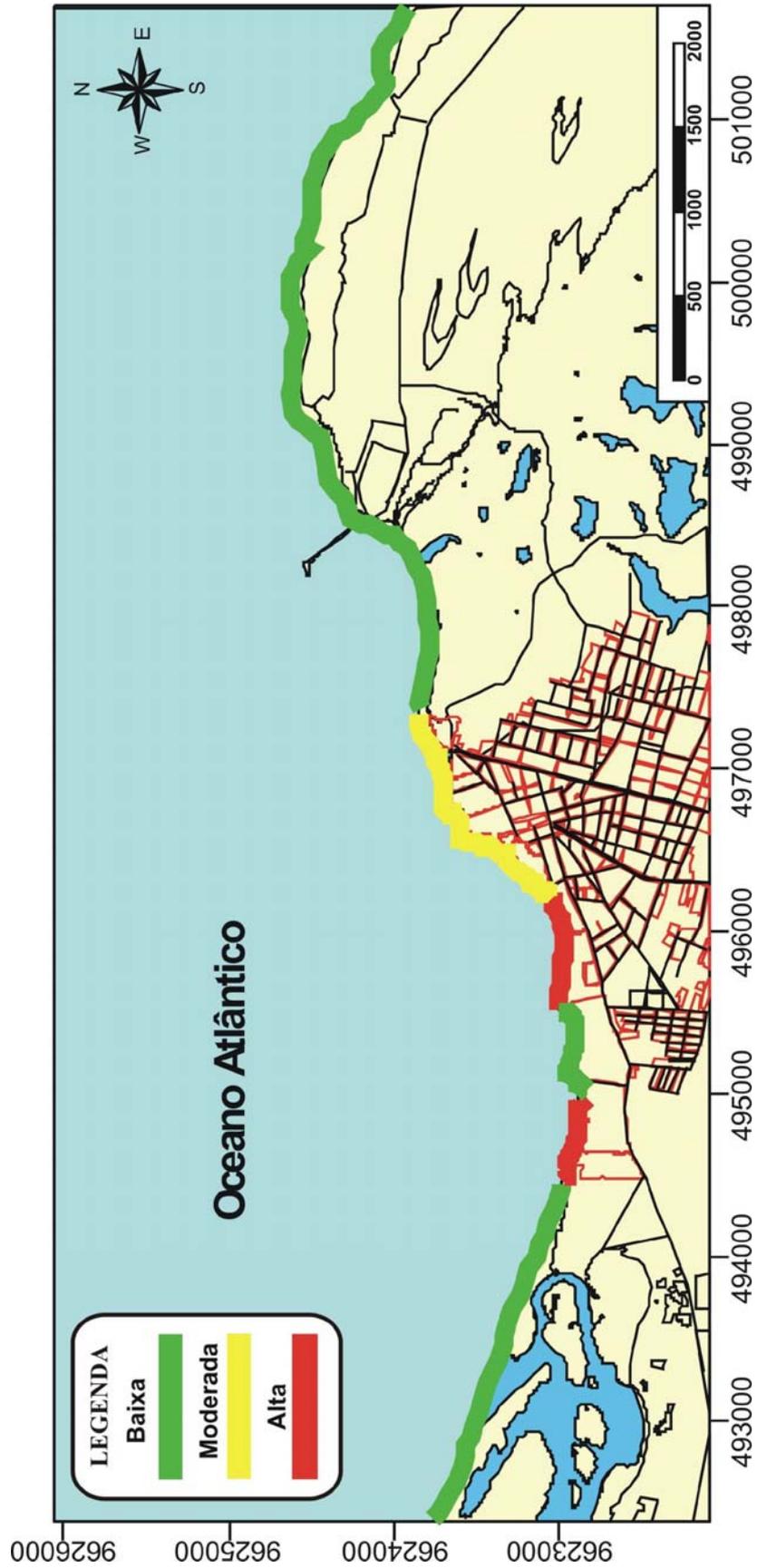


Figura 45: Classificação da vulnerabilidade do litoral de Paracuru através da avaliação dos geoindicadores.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de erosão estão intimamente ligados à vulnerabilidade do ambiente e são produto da atuação de agentes naturais e antrópicos que intervêm na dinâmica natural da zona costeira. Partindo da premissa que os processos de uso e ocupação são aqueles que mais atingem o ambiente tornando difícil sua recuperação, preocupa-se também com o desenvolvimento urbano e socioeconômico das regiões costeiras. Discussões acerca do tema em meio acadêmico são o ponto inicial para repensar as ações de uso e ocupação do solo, além da criação de unidades de conservação, que são de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável das zonas costeiras.

A compilação dos dados coletados foi importante para a compreensão da configuração da praia de Paracuru, gerando uma base de informações imprescindíveis para a melhor compreensão da dinâmica natural que atua nesse sistema. A intervenção antrópica mais significativa fica por cargo da ocupação e das conseqüências para evitar a destruição dessas propriedades, que se deu de forma desordenada, desrespeitando os limites de atuação da dinâmica natural costeira afetando as mudanças sazonais dos sedimentos arenosos da praia.

A vulnerabilidade alta concentrada nas praias do Coqueirinho e Carnaubinha é preocupante, tendo em vista as dificuldades e o alto custo em reabilitar áreas litorâneas. Os impactos sócio-ambientais observados nesses pontos modificaram drasticamente a paisagem do local, em especial na praia da Carnaubinha, onde em menos de um ano, a erosão destruiu coqueiros e residências de pescadores nas proximidades do local.

Ações de fiscalização e manejo adequado do litoral de Paracuru tornam-se primordiais para a preservação manutenção das áreas menos vulneráveis, bem como na busca de estabilizar as áreas com vulnerabilidade alta e moderada. Os estudos de perfil e sedimentos mostraram que, de forma geral, a praia apresentou resultado negativo ratificando a predominância de processos erosivos em grande parte dos pontos monitorados.

Ao longo da costa podem ser observados vestígios da perda de sedimentos, e apesar do extenso campo de dunas móveis e dos sedimentos oriundos do Rio São Gonçalo e aqueles carregados para o sistema através do riacho Boca do poço, observa-se que os promontórios existentes no local favorecem o recuo da linha de costa.

A análise dos geoindicadores permitiu montar um cenário de atuação para planos com fins de manejo e gerenciamento costeiro integrado do litoral, a partir da avaliação, as tomadas

de decisões podem considerar as potencialidades e limitações das praias partindo de pontos bem determinados e em menor escala.

O monitoramento constante do litoral através de trabalhos de campo e da compreensão do comportamento dos geoindicadores é indicado para a atualização do estado ambiental e planos de manejo e gerenciamento do litoral de Paracuru.

É preocupante o fato do lançamento de resíduos sem nenhuma espécie de tratamento diretamente na praia. Isso afeta a qualidade da água podendo prejudicar a saúde dos usuários do local. Sugere-se um programa de saneamento básico efetivo para a cidade de Paracuru, focado primordialmente no tratamento dos dejetos urbanos, para que estes não sejam despejados diretamente no mar. Ações de caráter educativo juntamente com campanhas de fiscalização devem ser atividades constantes no local tendo em vista principalmente a preservação e sustentabilidade da linha de costa do município.

## 10. REFERÊNCIAS

AAGARD, T. ; MASSELINK, G. The Surf Zone. In: **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Ed. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, England, 1999.

ALBUQUERQUE, M. G. ; PINHEIRO, L. S. ; MORAIS, Jader Onofre de; VASCONCELOS, F. V. ; LIMA, A. M. As características morfodinâmica das praias da barra do Ceará, Futuro e Caponga. In: **SINAGEO**, 2006, Goiânia. Anais do SINAGEO, 2006.

ANDRADE, C. F. **Dynamics, erosion and conservation of beach area**. Lisboa: Expo – 98, 1998.

AQUASIS – Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos. **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para Gestão Integrada**. Coordenadores: Alberto Alves Campos... [et al.]. Fortaleza: AQUASIS, 2003.

ARAI, M.; UESUGUI, N.; ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M., 1988.- Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no Nordeste do estado do Pará. Anais XXXV **Cong. Bras. Geol.**, 2: 738-745p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, 13. São Paulo, instituto de Geografia USP. 27p. 1972.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**. Fortaleza: IBGE, 2000. Disponível em [http:// www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/), acessado em: 09 de setembro de 2006.

BRETON, F. et al. The recreational use of beaches and consequences for the development of new trends in management: the case of the beaches of the Metropolitan Region of Barcelona (Catalonia, Spain). **Ocean and Coastal Management**, Vol. 32, No. 3, pp 153 – 180, 1996.

BUSH, D. M.; NEAL, W; YOUNG, R.; PILKEY, O. Utilization of Geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean and Coastal Management**, v. 42. Ed. Elsevier, 1999, p. 647-670.

CABRAL, N. R. A. J.; Souza, M. P. de. **Área de proteção ambiental: planejamento e gestão de paisagens protegidas**. Fortaleza: Rima, 2002

CARVALHO, D. A. P. ; PINHEIRO, L. S. ; MORAIS, J. O. ; SOUSA, P. H. G. O. . A morfodinâmica da praia do Paracuru-CE e suas implicações no surgimento das áreas de risco e segurança no banho de mar. In: **SINAGEO**, 2006, Goiânia. Anais do SINAGEO, 2006.

CASTRO, J. W. A. ; GONCALVES, R. A. . O processo de soterramento da cidade de Paracuru - Ceará por dunas móveis transversais submetidas a regime de vento unimodal. In: **IX Congresso da ABEQUA e II Congresso do Quaternário de países de linguas ibéricas**, 2003, Recife. IX Congresso da ABEQUA e II Congresso sobre planejamento e gestão na zona costeira dos países de expressão portuguesa.. Recife : UFPE, 2003. v. 1. p. 89-94.

CASTRO, J. W. A. Buring processes carried out by a mobile transversal dunefield, Paracuru County, State of Ceará, Brazil. **Environ Geology**, Springer Verlag, 2005.

CASTRO, J. W. A. **Geomorfologia do sistema sedimentar eólico de Paracuru – Ceará**. 2001. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Geomorfologia). Departamento de Geografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CAVALCANTI, A. P. B. 2003. **Impactos Ambientais da Zona Costeira – Uma análise geocológica da Paisagem**. Teresina: UFPI.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE. **Perfil básico municipal de Paracuru**. Fortaleza: IPECE, 2004. Disponível em: [www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br), acessado em: 05 de junho de 2005.

CHRISTOFFOLI, A.R., 2000. A Gênese do uso das praias na sociedade ocidental. **Anais do Simpósio Brasileiro sobre praias Arenosas: morfodinâmica, ecologia, usos, riscos e gestão**. Itajai, Ed. Univali, 2000. 341 – 342 p.

CHRISTOFOLETTI, A. 1936 – **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2ª edição, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A., 1990. **Aplicação da Abordagem em Sistemas na Geografia Física**. Rev. Bras. de Geografia.

CORIOLOANO, L. N. M. T. (Org.) . **O Turismo de inclusão e o desenvolvimento local**. 1. ed. Fortaleza: FUNECE, 2003. v. 1. 338 p.

CORIOLOANO, L. N. M. T. ; SILVA, S. B. M. **Turismo e Geografia: Abordagens Críticas**. 1. ed. Fortaleza: Editora da UECE - EDUECE, 2005. v. 1000. 173 p.

CORIOLOANO, L. N. M. T. **O turismo nos discursos, nas políticas e no combate à pobreza**. 1. ed. São Paulo: Anablumme, 2006. v. 1000. 238 p.

DAVIS, R. A. 1978. Beach and Narshore Zone In: Davis, R.A. (Editor). **Coastal Sedimentary Environments**. New York: Springer-verlag, 2a ed., 1985.

DEAN, R.G., Heuristic Models of Sand Transport in the Surf Zone. **Proceedings of First Australian Coastal Engineering Conference**, Sydney. Institute Engineers Austrália,1973.

DESCHMAPS, M. V., KLEINKE, M. L. U. Os fluxos migratórios e as mudanças socioespaciais na ocupação contínua litorânea do Paraná. **R. Paran. Desenv.**, Curitiba, n. 99, p. 45-59, jul./dez. 2000

DUARTE, R. X. **Caracterização do ambiente praias: morfologia, aspectos morfodinâmicos e sedimentologia**. Exame de Qualificação (Pós-graduação em Geociências). Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1997.

FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. **A Cobertura Sedimentar Quaternária da Plataforma Continental do Estado do Ceará.** Departamento de geologia – laboratório de Geologia Marinha Aplicada (LGMA). Fortaleza: UFC / DNPM. 1999.

FREIRE, G+S. S. ; MANSO, V. A. V. ; ARAÚJO, T. C. M. ; CAVALCANTE, V. M. M. ; NOGUEIRA, S. R. P. ; DÁLMEIDA, D. M. B. . Classificação dos Sedimentos Superficiais Coletados nas Operações Nordeste I e II do Programa REVIZEE. In: **II Workshop do Programa REVIZEE**, 1998, Natal. Atas do II Workshop do Programa REVIZEE, 1998.

GUERRA, A. J. T., Marçal, M. S. 2006. **Geomorfologia Ambiental.** Bertrand Brasil, Ed. 1, São Paulo, 192 pp.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma Atualizacao de Bases e Conceitos.** Rio de Janeiro. BERTRAND, 1994.

HARVEY, N.; CLOUSTON B.; CARVALHO P. Improving coastal vulnerability assessment methodologies for integrated coastal zone management: an approach from South Australia. **Australian Geographical Studies.** March, 1999. Australia 37(1):50-69.

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

INPH. Instituto de Pesquisas Hidroviárias. **Monitoramento Ambiental – Medições de Ondas – Consolidação dos dados obtidos entre Março de 1997 e Outubro de 2005, Pecém - CE.** Rio de Janeiro: INPH, 2005.

KLEIN, A. H. F. et al., 2003. Analysis of hazards associated with sea bathing: results of five years work in oceanic beaches of Santa Catarina state, southern Brazil. **Journal of coastal research**, Universidade Vale do Itajai. N. 35 – Itajai: Univali, 2003.

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

LEAL, J. R. L. V. **Zoneamento Geoambiental da Área de Proteção Ambiental de Canoa Quebrada-Aracati-Ceará**. 2003. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

LINS-DE-BARROS, F. M. **Risco e vulnerabilidade à erosão costeira no município de Maricá**, Rio de Janeiro. 2005. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Geografia). Departamento de Geografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MAGALHÃES, S. H. O. **Caracterização morfodinâmica e evolução a médio e curto prazo das praias dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante – CE**. 2000. 124p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

MAIA, L.P. 1998. **Procesos Costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. Tese (Doutorado em Geologia). Departamento de Ecologia, Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. 269p.

MARTINE, G. **Processos recentes de concentração e desconcentração urbana no Brasil: determinantes e implicações**. Brasília: ISPN, 1992.

MEIRELES, A. J. ; MORAIS, J. O. **Processos Geodinâmicos de Utilização da Planície Costeira de Parajuru, Município de Beberibe, Litoral Leste do Estado do Ceara**. In: **3ª REUNIAO ESP. SBPC**, 1996. ANAIS. FLORIANOPOLIS.

MMA / SQA. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo**. Brasília, 2002.

MORAIS, J. O. **Aspectos da Geologia Ambiental Costeira no Município de Fortaleza – Ceará**. Tese de Professor Titular, 318 pp. illus., Fortaleza-CE, 1980.

MORAIS, J. O. Compartimentação territorial e evolutiva da zona costeira. In: **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. LIMA, . C., SOUZA. M. J. N., MORAIS, J. O. Ed. FUNECE. Fortaleza, 2000. 105-180p.

MORAIS, J. O. Comportamento hidrodinâmico sedimentológico do estuário do Rio Bacangasao Luis-Ma. In: **IX Simposio de Geologia do Nordeste**, 1979, 1979.

MORAIS, J. O. **Contribuição ao estudo das Beach Rocks do Nordeste do Brasil**. Trabs. Oceanog. Univ. Fed. Pe., Recife, v. 9, n.11, 1968.

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S. Plataforma Continental *In* AQUASIS – Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos. **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para Gestão Integrada**. Coordenadores: Alberto Alves Campos... [et al.]. Fortaleza: AQUASIS, 2003.

MORAIS, J.O. **Aspectos da Geologia Ambiental Costeira no município de Fortaleza – Ceará**. Tese (Professor Titular) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza-CE, 318p., 1980.

MORAIS, J.O. de. Processos e impactos ambientais em zonas costeiras. Geologia do Planejamento Regional. **Revista de Geologia**. UFC. v. 9. 1996.

MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Vol. 2, No. 1, pp 35 – 44, 2001.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira *In*: **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2002.

PAULA, D. P. **Elaboração de paisagens Contíguas ao Estuário do Rio Jaguaribe – CE**. 2006. Dissertação de Mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

PINHEIRO, L. S. **Compatibilização dos processos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos com uso e ocupação da Praia da Caponga, Cascavel, Ceará.** 2000. Dissertação de Mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

PINHEIRO, L. S. **Riscos e impactos ambientais no estuário do rio Malcozinhado, Cascavel – CE.** Recife – PE, 2003. 235p. Tese outorado em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

PIRES, A. M. Z. C. R. – São Carlos: RiMa, 2004.

PITOMBEIRA, E. S. ; MORAIS, J. O. de . **Processos Migratorios Na Embocadura do Rio Maceiozinho (Fortaleza-Ceara-Brasil).** BOL. CIENC. MAR., FORTALEZA, n. 27, p. 1-9, 1974.

POLETTE. M.; **Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção /** Organizado por SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.;

POND, S.; Pickard, G. L. **Introductory dynamical oceanography.** 2a Ed. Pergamon. Oxford, England, 1983.

PYE, K., 1983. **Coastal dunes.** Prog. Phy. Geogr., 7:531-557.

SHEPARD, F. P., 1954, Nomenclature based on sand-silt-clay ratios: **Journal Sedimentary Petrology**, v. 24, p. 151-158.

SHORT, A D, 2000, Beaches of the Queensland Coast: Cooktown to Coolangatta. **Australian Beach Safety and Management Project**, Sydney, 360 pp.

SHORT, A. D. Australia beach system – the morphodynamic of waves through tide-dominated beachdune systems. **Journal of Coastal Research**. SI 35: 07-20. 2003.

SHORT, A. D. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Ed. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, England, 1999.

SHORT, A.D. & HOGAN, C.L. (1993). The australian beach safety and management program - surf life saving australia's approach to beach safety and coastal planning. In: **11th Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering**, Townsville The Institution of Engineers, Australia, National Conference Publication 93/4: 113-118p.

SHORT; A. D. Note on the controls of beach type and change, with S.E. Australian examples. **Journal Coastal Research**. Charlottesville, v.3, 1987.

SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3.ed ver. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SMITH, A. J.; MORAIS, J. O. Interdidal Flat Sedimentation of Bacanga River Estuary - Maranhao State, Brasil. In: **SEMINARIO LATINO-AMERICANO SOBRE EL ESTUDIO CIENTIFICO Y EL IMPACTO HUMANO EN EL ECOSISTEMA DE MANGLARES**, 1978. ANAIS. p. 33-47.

SOUSA, P. H. G. O. et al. Processos Erosivos e Balanço Sedimentológico na Praia de Paracuru – Ceará – Brasil. Anais **VI Simpósio Brasileiro de Geomorfologia**. Goiânia – GO. 2006.

SOUZA, M. J. N. **Análise geoambiental e ecodinâmica das paisagens do Estado do Ceará**. Tese (Professor Titular) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza – CE, 250p., 1998.

SOUZA, M. J. N. de, base geoambiental e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA. L. C. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000

SUGUIO, K. 1992. **Dicionário de Geologia Marinha**. São Paulo, T.A. Queiroz Editora Ltda.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Ed. Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1973.

TAGLIANI, C. R. A., Técnicas para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. **Anais IX SBSR**, Belo Horizonte, Brasil. pp1657 – 1664, INPE 2003.

TEIXEIRA, A. L. A., Christofolletti, A. 2000. **Sistemas de Informação Geográfica: Dicionário Ilustrado I**, Ed. Hucitec, São Paulo, 244 pp.

TESSLER, M. G.; MAHIQUES, M.M. Tendências regionais de transporte de sedimentos arenosos ao longo das praias paulistas; **Revista UNG - Geociências**; 2000; 4; 6; ; 102; 120; Português; ; Impresso; ; Autores: Ponçano, W.L., Tessler, M.G., Freitas, C.G.L. & Mahiques, M.M.

THORNBURY, W. D. **Principles of Geomorphology**. Wiley International Edition. New York. 1954.

THURMAN, H. V., TRUJILLO, A. P. **Essentials of oceanography**. 6ª Ed. New Jersey: Ed Prentice Hall, 1996

USACE, U. S. Army Corps of Engineers. **Engineering and design coastal littoral transport**. Washington, D.C. 1992.

WENTWORTH, C. K. **A scale of grade and class terms for clastic sediments**. J. Geol. V.30.p 377-392. 1922.

WRIGHT, L. D. 1985. **Elementary Notes concerning the Physical Energy Regime of the coastal zone**. School of Marine Science, College of William and Mary, 77 p.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. & GREEN, M. O. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. **Marine Geology**, 62: 339-364. 1985.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**. Amsterdam, v.56. 1984.

# **Anexos**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ  
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA  
LABORATÓRIO DE GEOLOGIA E  
GEOMORFOLOGIA COSTEIRA E OCEÂNICA



Data: \_\_/\_\_/\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Maré: \_\_\_\_\_ Estação: ( ) Alta ( ) Baixa

1. Sexo Nome da Barraca \_\_\_\_\_

( ) Feminino ( ) Masculino

2. Faixa Etária

( ) 15 – 20 anos ( ) 20 – 30 anos ( ) 30 – 40 anos ( ) >40anos

3. Procedência

( ) Fortaleza ( ) Paracuru ( ) Outro estado ( ) Estrangeiro

4. Grau de escolaridade

( ) Nunca estudou ( ) Médio completo ( ) Médio incompleto  
( ) Superior incompleto ( ) Superior completo ( ) Pós-graduação

5. Profissão

---

---

6. Com que frequência você vem à praia

( ) Diariamente ( ) Todos os finais de semana ( ) Feriados  
( ) Esporadicamente ( ) Férias

7. O que você acha sobre o acesso à praia?

( ) Muito fácil ( ) Fácil ( ) Médio ( ) Difícil ( ) Inviável

8. Qual meio de transporte que você usa para chegar à praia?

( ) Transporte coletivo ( ) Carro ( ) Moto ( ) Bicicleta  
( ) Táxi ( ) Caminhando

9. Por que você frequenta esta praia?

---

---

10. Para passar fim de semana ou férias, em que local você fica?

( ) Casa própria ( ) Hotel ou pousada ( ) Casa de amigos ( ) Mora no local

11. Você sabe nadar?

( ) Sim ( ) Não

12. Quais são os seus cuidados ou precauções antes de entrar no mar?

---

13. Qual a profundidade que você entra no mar?

( ) Na altura do pé ( ) Na altura do joelho ( ) Na altura da cintura ( ) Acima da cabeça

14. Que diria sobre a segurança quanto ao banho de mar neste local?

( ) Muito seguro ( ) Seguro ( ) Médio ( ) Perigoso ( ) Muito perigoso

Por que?

---

---

15. Qual a frequência em que você toma banho de mar?

( ) Sempre quando vem à praia ( ) Esporadicamente ( ) Nunca

16. Quais os perigos no banho de mar nesta praia?

---

---

17. Qual a necessidade de implantar placas com informações sobre a segurança na praia?

( ) Muito alta ( ) Alta ( ) Médio ( ) Baixa

18. Na sua opinião, quais as medidas que devem ser adotadas para o melhorar à praia?

---

---