

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL**

**José Diniz Madruga Filho**

**ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS  
DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO  
AGOSTINHO (LITORAL SUL DE PERNAMBUCO)**

**Tese de Doutorado**

**2004**

**Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso**

**Co-orientador: Dra Núbia Chaves Guerra**

**JOSÉ DINIZ MADRUGA FILHO**

Geólogo, Universidade Federal de Pernambuco , 1980  
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco , 1999

**ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS  
DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO  
AGOSTINHO (LITORAL SUL DE PERNAMBUCO)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, para obter o grau de Doutor em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, defendida e aprovada com distinção em 15/12/2004.

**Recife - PE**  
2004

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO  
DO CABO DE SANTO AGOSTINHO, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

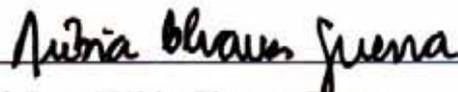
JOSÉ DINIZ MADRUGA FILHO

Aprovado :



Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

15 /12/2004



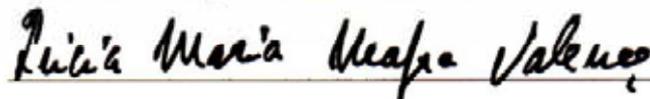
Prof. Dra. Núbia Chaves Guerra

15 /12/2004



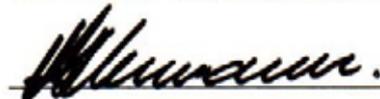
Prof. Dr. George Satander Sá Freire

15 /12/2004



Prof. Dra. Lúcia Maria Mafra Valença

15 /12/2004



Prof. Dr. Virgínio Henrique M. L. Neumann

15/12/2004

Dedico este trabalho

**“IN MEMORIAN”**

A minha inesquecível mãe,  
Madalena, que desde o limiar da  
minha formação educacional,  
sempre me motivou e ao meu pai  
que sonhou, um dia, ter um filho  
com esse título, nas Geociências.

“A natureza tem perfeições que mostram que é a imagem de Deus, e defeitos que mostram que é apenas a imagem”.

(Blaise Pascal)

## SUMÁRIO

SUMÁRIO .....	VI
AGRADECIMENTOS .....	VII
RESUMO .....	IX
ABSTRACT .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE FOTOS .....	XIV
ÍNDICE DE TABELAS .....	XVII
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>002</b>
<b>CAPÍTULO 2 – ASPECTOS GERAIS DA ÁREA ESTUDADA .....</b>	<b>007</b>
2.1 Clima .....	007
2.2 Vegetação .....	009
2.3 Hidrografia .....	009
2.4 Oceanografia .....	013
2.4.1 Regime de Marés .....	013
2.4.2 Salinidade e Temperatura .....	015
2.4.3 Sistemas de Correntes Marinhas .....	015
2.4.4 Climatas de Ondas .....	016
2.4.4.1 Características das Ondas em Água Profunda .....	017
2.4.4.2 Características Locais de Onda .....	018
2.4.4.3 Descrição Interanual do Clima de Ondas .....	019
2.4.4.4 Características das Ondas na Zona de Arrebentação .....	020
2.4.4.5 Considerações Parciais .....	021
<b>CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>025</b>
3.1 Amostragem Sedimentológica .....	025
3.2 Levantamento Radiométrico .....	025
3.3 Levantamento Morfológico .....	028
3.4 Levantamento Hidrodinâmico .....	028
3.5 Levantamento da Linha de Costa .....	030
3.6 Análises de Laboratório .....	031
3.7 Tratamento dos Dados .....	032
3.8 Levantamento Batimétrico .....	032

<b>CAPÍTULO 4 - CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO REGIONAL .....</b>	<b>035</b>
4.1 O Embasamento Cristalino .....	035
4.2 Estratigrafia da Bacia Pernambuco .....	037
4.2.1 Grupo Pernambuco .....	037
4.2.1.1 Formação Cabo .....	037
4.2.1.2 Suíte Ipojuca .....	040
4.2.1.3 Formação Estiva .....	040
4.2.1.4 Formação Algodoads .....	041
4.2.1.5 Formação Barreiras .....	041
4.2.1.6 Sedimentação Quaternária .....	042
4.3 Compartimentação Geomorfológica .....	044
4.4 Considerações Parciais .....	046
<b>CAPÍTULO 5 - PLANÍCIE COSTEIRA .....</b>	<b>048</b>
5.1 Geologia e Geomorfologia da Planície Costeira .....	049
5.1.1 Terraços Marinheiros Pleistocênicos .....	049
5.1.2 Terraços Marinheiros Holocênicos .....	050
5.1.3 Depósitos Flúvio-Lagunares .....	052
5.1.4 Depósitos Flúvio-Marinheiros .....	052
5.1.5 <i>Beachrocks</i> .....	052
5.1.6 Recife de Corais e Algas Calcárias .....	054
5.1.7 Depósitos de praia .....	055
5.2 Paleogeografia .....	056
5.2.1 Variação do nível do mar .....	056
5.2.1.1 Variação do nível do mar no Brasil .....	057
5.2.1.2 Variação do nível do mar no litoral do Nordeste .....	058
5.2.1.3 Variação do nível do mar no litoral de Pernambuco .....	060
5.2.2 Evolução paleogeográfica .....	062
5.3 Considerações parciais .....	063
<b>CAPÍTULO 6 - SISTEMA PRAIAL .....</b>	<b>065</b>
6.1. Morfologia e características do litoral .....	067
6.1.1 Setor 1 (praia do Paiva) .....	067
6.1.2 Setor 2 (praia do Paiva) .....	069
6.1.3 Setor 3 (praia do Paiva) .....	073

6.1.4 Setor 4 (praias de Itapoama e Pedra do Xaréu) .....	073
6.1.5 Setor 5 (praia de Enseada dos Corais) .....	075
6.1.6 Setor 6 (praias de Enseada dos Corais e Gaibu) .....	081
6.1.7 Setor 7 (praia de Gaibu) .....	083
6.2 Considerações parciais .....	083
6.3 Sedimentologia do ambiente praial .....	086
6.4 Análise morfoscópica .....	089
6.5 Hidrodinâmica .....	092
6.5.1 Condições hidrodinâmicas nos pontos de observação .....	092
6.6 Classificação morfodinâmica .....	094
6.7 Considerações parciais .....	099
6.8 Placeres marinhos .....	100
6.8.1 Estudo dos minerais pesados da área estudada .....	101
6.8.2 Cálculo do <i>background</i> .....	103
6.8.3. Considerações parciais .....	108
<b>CAPÍTULO 7 – EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA .....</b>	<b>113</b>
7.1. Variação em médio prazo .....	113
7.2 - Padrão de variações .....	114
7.2.1 Setor 1 (praia do Paiva) .....	114
7.2.2 Setor 2 (praia do Paiva) .....	116
7.2.3 Setor 3 (praia do Paiva) .....	117
7.2.4 Setor 4 (praias de Itapoama e Pedra do Xaréu) .....	117
7.2.5 Setor 5 (praia de Enseada dos Corais) .....	118
7.2.6 Setor 6 (praias de Enseada dos Corais e Gaibu) .....	118
7.2.7 Setor 7 (praia de Gaibu) .....	119
7.3 Considerações parciais .....	121
7.4 Variação em curto prazo .....	122
7.5 Análise dos perfis praiais .....	123
7.5.1 Perfil praial P <sub>1</sub> (praia do Paiva) .....	123
7.5.2 Perfil praial P <sub>2</sub> (praia do Paiva) .....	129
7.5.3 Perfil praial P <sub>3</sub> (praia do Paiva) .....	133
7.5.4 Perfil praial P <sub>4</sub> (praia do Paiva) .....	137
7.5.5 Perfil praial P <sub>5</sub> (praia do Paiva) .....	142

7.5.6 Perfil praias P <sub>6</sub> (praia do Paiva) .....	147
7.5.7 Perfil praias P <sub>7</sub> (praia de Enseada dos Corais) .....	151
7.5.8 Perfil praias P <sub>8</sub> (praia de Gaibu) .....	155
7.5.9 Perfil praias P <sub>9</sub> (praia de Gaibu) .....	158
7.6 Considerações parciais .....	162
<b>CAPÍTULO 8 - PLATAFORMA CONTINENTAL ADJACENTE</b> .....	<b>164</b>
8.1 Sedimentos superficiais da plataforma continental adjacente de Pernambuco .....	164
8.2 Sedimentos superficiais da plataforma continental interna da área estudada .....	166
8.3 Análise química dos sedimentos da plataforma interna da área de estudada .....	169
8.4 Disposição do diâmetro médio .....	171
8.5 Variações do desvio padrão .....	173
8.6 Variações da assimetria .....	175
8.7 Variações da curtose .....	176
8.8 Morfoscopia .....	176
8.8.1 Arredondamento .....	177
8.8.2 Esfericidade .....	178
8.8.3 Textura superficial .....	179
8.8.4 Composição das amostras .....	179
8.9 Análise discriminatória multivariada .....	181
8.10 Análise dos histogramas de frequência simples .....	182
8.11 Batimetria da plataforma interna da área estudada .....	184
8.12 Considerações parciais .....	189
<b>CAPÍTULO 9 - VULNERABILIDADE DA ZONA COSTEIRA</b> .....	<b>196</b>
9.1 Grau de vulnerabilidade da zona costeira da área estudada .....	196
9.2 Grau de desenvolvimento urbano .....	198
9.3 Vulnerabilidade dos processos costeiros .....	202
9.4 Processos erosivos .....	204
9.5 A questão ambiental da área .....	205
9.6 Considerações parciais .....	207
<b>CAPÍTULO 10 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES</b> .....	<b>211</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>219</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>236</b>

## AGRADECIMENTOS

Considero que a elaboração de uma tese de doutorado é um produto coletivo embora sua redação, responsabilidade e *stress* seja predominantemente individual. Várias pessoas contribuíram para que este trabalho chegasse a bom termo. A todas elas registro minha gratidão.

Ao Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso pelas sugestões durante a orientação dada e comentários sempre objetivos, indispensáveis para o presente trabalho; pela amizade, como também, pela coragem em assumir a nossa orientação diante das adversidades.

A Profa. Dra. Núbia Chaves Guerra, especialmente, pelo inestimável apoio e disponibilidade em ajudar em todas as fases deste trabalho.

À Coordenadora da Pós – Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE, Profa. Dra. Lúcia Maria Mafra Valença, sempre disponível, buscando uma solução para os nossos problemas; como também pelo incentivo e ensinamentos, no início e durante o nosso doutoramento.

Aos Profs. Drs. George Satander de Sá Freire e Virgínio Henrique M. L. Neumann pelas considerações e ensinamentos, quando do Exame de Qualificação e durante o curso.

Ao Prof. Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho, pelas críticas esclarecedoras.

Ao amigo Prof. Cláudio de Castro, patrimônio das Geociências brasileiras que contribuiu de forma intensa na minha formação e de outras centenas de geólogos neste país, assim como pelo exemplo de vida.

Ao Prof. Dr. Edmilson Santos de Lima pela contribuição na construção do *abstract*.

À Fundação de Ensino Superior de Olinda – FUNESO, pela grande contribuição, permitindo o nosso afastamento durante o doutoramento.

À Prefeitura Municipal do Cabo de Santo Agostinho, em especial, ao Secretário Executivo de Meio Ambiente e Saneamento do Município, Sr. Rodolfo Aureliano da Silva Filho e ao Engenheiro Israel Abelardo, pelo apoio logístico.

Ao amigo Prof. Msc. João Alberto Rocha de Oliveira, pelo companheirismo nos momentos mais difíceis e pela ajuda nos trabalhos de campo.

A coordenadora da Faculdade de Ciências Médicas da UPE, Profa Dra Assunção Fernanda, pela grande contribuição fazendo a revisão ortográfica.

Ao coordenador do laboratório e Museu de Malacologia Prof. José Carlos N. de Barros pela colaboração na identificação dos bioclásticos.

Aos Amigos, Mestrandos da UFC, Carlos Fernando de Andrade Soares Junior e Ronaldo Gomes Bezerra por ajudas imprescindíveis no nosso trabalho.

A todos que compõem o Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) do Departamento de Geologia (DEGEO), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), especialmente ao amigo geólogo Miguel Arrais, e ainda ao conjunto de professores colegas e funcionários da Pós – Graduação em Geociências.

Aos amigos estudantes de geologia, Emília e Francisco pela grande ajuda na parte gráfica, sempre disponíveis, como também a Janaína Ferreira, Pedro e Mariana pela colaboração técnica nas análises granulométricas e identificação dos siliciclásticos

À minha família, por ter compreendido a nossa ausência em muitos momentos em função deste trabalho.

Enfim, a todos que de alguma forma tenham contribuído para realização deste trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho é resultado de um estudo sistemático dos condicionantes dos processos erosivos entre a Praia do Paiva e o Cabo de Santo Agostinho - PE, como também, na Plataforma Continental Interna Adjacente. Realizou-se uma abordagem das características geológicas que constituem a zona costeira, na sua parte emersa e submersa, além da caracterização do grau de vulnerabilidade e da evolução da linha de costa em médio e curto prazo.

Sedimentologicamente, na pós-praia ocorrem areias com 0,250 mm; no estirâncio entre 0,250 mm e 0,125 mm e na antepraia entre 0,125 mm e 0,50 mm.

Os estudos radiométricos mostraram que a deposição dos minerais pesados foi mais freqüente na Praia de Gaibu (leituras de 750 cps) e que os depósitos de placeres ocorrem superficialmente.

A plataforma continental interna, texturalmente, é atapetada principalmente por areias e areias cascalhosas. A análise multivariada distinguiu as condições ambientais, ocorridas no ambiente deposicional, tendo sido reconhecidos os processos marinhos como os mais influentes no sistema. Sua morfologia de fundo ficou caracterizada, principalmente, por apresentar dois padrões diferentes, norte e sul. O norte pela presença de um banco irregular, com direção geral N-S, limitado pela isobatimétrica de 12m, enquanto que o sul, por mostrar, depressões bem acentuadas.

O estado praiar em função do Parâmetro de Dean, apresentou valores que a definem, morfologicamente, como intermediária.

Em médio prazo, pôde-se identificar e delimitar trechos de estabilidade, recuo e avanço da linha de costa, estabelecendo os trechos mais críticos, sob o ponto de vista da erosão costeira, nas últimas três décadas. O total das áreas progradantes, no local estudado, representam 78% enquanto que 22% marcam as áreas que foram erodidas.

Em curto prazo o monitoramento, através de nivelamento topográfico nos perfis para o período considerado, mostraram uma taxa de erosão média entre 1,02 m<sup>3</sup>/m e 76,4 m<sup>3</sup>/m.

O grau de vulnerabilidade comportou-se como baixo, predominantemente.

O aumento progressivo de ocupação urbana poderá causar mudanças no equilíbrio dinâmico alterando o transporte de sedimentos no litoral estudado, agravando a problemática da erosão costeira.

Palavras-chaves: Sedimentologia, variações da linha de costa, erosão, plataforma, batimetria vulnerabilidade.

## ABSTRACT

The present work is a result of a systematic study of the erosive processes constraints along the coast between Paiva Beach and Cabo de Santo Agostinho promontory, Pernambuco, including the adjoining continental shelf. A diagnostic focused on the geologic characteristics of the coastal zone, including the emerge and submerge areas, on the vulnerability characteristics and on the coastal line evolution in the medium and short time was undertaken.

Sedimentologically, in the backshore occurs sands with 0.250 mm, in the beach occurs sands between 0.250 and 0.125 mm and in the foreshore sands between 0.125 and 0.050 mm.

Radiometric studies showed that heavy minerals deposition was more frequent in the Gaibu beach (750 cps reading) and that the placer deposits are superficial.

Mainly sand and gravel sands cover the inner continental shelf. Multivariate analysis distinguished the environmental condition in the depositional systems in which marine processes prevailed. The bottom morphology shows two distinct patterns. In the northern part there is an irregular bank trending N-S, limited by the 12 m isobathimetric line, whereas to the south occurs deep depressions.

Regarding the Dean parameter, the beach state was classified morphologically as intermediate.

In the medium term it was possible to identify areas where the coastal line was stable and areas where it retreated and forwarded, establishing critical areas regarding coastal erosion in the last three decades. Progradation areas represent 78% whereas eroded areas correspond to 22% of the studied area.

Monitoring, through the topographic leveling in the cross-section considered, showed a short-term erosion with an erosion rate between 1.02 m<sup>3</sup>/m and 76.4 m<sup>3</sup>/m.

The vulnerability behaved mainly as a low-grade vulnerability.

The progressive land occupation increase may cause an interruption in the sediment flux in the studied area.

Key words: Sedimentology, coastal line variations, erosion, shelf, bathymetry and vulnerability.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1.1 Mapa de localização da área estudada .....	004
2.1 Mapa de isoietas do Cabo de Santo Agostinho e municípios vizinhos .....	007
2.2 Chuvas médias mensais do Cabo de Santo Agostinho e municípios vizinhos .....	008
2.3 Média pluviométrica mensal do Cabo de Santo Agostinho .....	008
2.4 Médio pluviométrico X grau de suscetibilidade do Cabo de Santo Agostinho .....	008
2.5 Mapa da bacia de Pirapama .....	014
2.6 Representação dos percentuais de períodos de ondas .....	023
2.7 Representação dos percentuais de alturas de ondas .....	023
3.1 Mapa de localização dos perfis e pontos amostrados .....	027
3.2 Mapa de localização dos perfis praias .....	029
4.1 Mapa de localização e subdivisão da bacia Pernambuco .....	036
4.2 Diversas proposições para a estratigrafia da bacia Pernambuco .....	038
4.3 Carta Estratigráfica preliminar da bacia Pernambuco .....	039
5.1 Curva do nível relativo do mar para os últimos 7000 anos .....	059
6.1 Diagramas com os resultados das análises dos parâmetros estatísticos .....	090
6.2 Configurações, em perfil e planta, dos seis estágios de praia .....	096
6.3 Gráfico mostrando os percentuais de minerais leves e pesados.....	106
6.4 Variação da radiação do trecho entre praia de Gaibu e o <i>spit</i> .....	111
7.1 Mapa de variação da linha de costa .....	115
7.2 Histograma mostrando o comportamento dos setores em médio prazo .....	120
7.3 Histogramas comparando as áreas progradadas e erodidas em médio prazo .....	121
7.4 Conjunto de perfis realizados na Praia do Paiva no perfil P <sub>1</sub> .....	126
7.5 Perfis realizados na praia do Paiva .....	127
7.6 Gráfico, do perfil P <sub>1</sub> , mostrando tendência erosiva para este segmento de praia .	128
7.7 Gráfico mostrando a variação de volume no perfil P <sub>1</sub> .....	129
7.8 Resultado dos perfis realizados na praia do Paiva .....	132
7.9 Gráfico, do perfil P <sub>2</sub> , mostrando ligeira tendência deposicional .....	133
7.10 Gráfico mostrando a variação de volume no perfil P <sub>2</sub> .....	133
7.11 Configuração de dados dos perfis de fevereiro e maio de 03 .....	134

7.12	Gráfico, do perfil P <sub>3</sub> , mostrando uma tendência erosiva .....	135
7.13	Gráfico mostrando a variação de volume no perfil P <sub>3</sub> .....	137
7.14	Representação gráfica dos perfis realizados na praia do Paiva .....	139
7.15	Representação gráfica dos perfis topográficos na praia do Paiva .....	140
7.16	Gráfico, do perfil P <sub>4</sub> , mostrando uma tendência erosiva .....	141
7.17	Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P <sub>4</sub> .....	142
7.18	Representação gráfica dos perfis realizados na praia do Paiva .....	144
7.19	Representação gráfica dos perfis na praia do Paiva .....	145
7.20	Gráfico, do perfil P <sub>5</sub> , mostrando tendência erosiva .....	146
7.21	Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P <sub>5</sub> .....	146
7.22	Representação gráfica dos perfis topográficos realizados na praia do Paiva .....	149
7.23	Representação gráfica dos perfis topográficos da praia do Paiva .....	150
7.24	Gráfico do perfil P <sub>6</sub> , mostrando uma tendência erosiva .....	151
7.25	Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P <sub>6</sub> .....	151
7.26	Representação gráfica dos perfis da praia de Enseada dos Corais .....	152
7.27	Gráfico, do perfil P <sub>7</sub> , mostrando uma tendência erosiva .....	153
7.28	Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P <sub>7</sub> .....	155
7.29	Elevação no traçado do perfil que caracteriza a existência de barra .....	156
7.30	Representação gráfica do perfil P <sub>9</sub> , praia de Gaibu – PE .....	159
8.1	Mapa textural .....	168
8.2	Distribuição espacial do percentual diâmetro médio .....	171
8.3	Mapa de distribuição do diâmetro médio .....	172
8.4	Percentual do grau de seleção das areias .....	173
8.5	Mapa do desvio padrão .....	174
8.6	Percentual do grau de assimetria .....	175
8.7	Percentual do grau de curtose .....	176
8.8	Mapa de análise discriminatória .....	183
8.9	Mapa batimétrico .....	186
8.10	Representação gráfica dos perfis batimétricos do setor norte da área estudada .....	188
8.11	Representação gráfica dos perfis batimétricos do setor sul da área estudada .....	190
8.12	Representação esquemática da sistematização de McManus .....	193
8.13	Expressão gráfica esquemática do modelo de Johnson .....	194

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto	Página
2.1 Vegetação rasteira típica do litoral de Pernambuco.....	10
2.2 Vegetação de floresta perenifólia na praia de Pedra do Xaréu .....	10
2.3 Vista aérea mostrando o rio Jaboatão, praia do Paiva e a lagoa Olho d'Água .....	11
2.4 Vista aérea, da praia do Paiva mostrando o estuário do rio Jaboatão . .....	11
2.5 Rio Pirapama e a margem esquerda da sua planície fluvial.....	12
3.1 Embarcação utilizada nos trabalhos realizados na plataforma continental .....	26
3.2 Praia de Suape – PE, local de embarque para realização dos trabalhos.....	26
4.1 Relevo colinoso em rochas vulcânicas, da Suíte Ipojuca .....	45
4.2 Feições de <i>Badlands</i> no granito félsico do Cabo de Santo Agostinho .....	45
5.1 Terraço marinho holocênico e a berma, tomados por residências de veraneio.....	51
5.2 Planície flúvio-lagunar totalmente tomada por residências de veraneio.....	51
5.3 Mangue preservado às margens do rio Jaboatão.....	52
6.1 Vista geral, para norte, do setor 1 (praia do Paiva) mostrando toda sua extensão .....	68
6.2 Vista para sul do setor 1 (praia do Paiva) .....	68
6.3 Vista parcial do setor 2, do continente para o mar, mostrando os recifes .....	70
6.4 Vista parcial, dos recifes do setor 2, para norte, durante a maré de sizígia .....	70
6.5 Escadaria de acesso à casa de praia no setor 2, sendo atingida, na linha de costa .....	71
6.6 Mansão construída no setor 2, inadequadamente, na faixa de pós-praia .....	71
6.7 Recifes ( <i>beachrocks</i> ) de fraca diagênese, do setor 2 .....	72
6.8 Coqueiros, prestes a desabar, evidenciando processo erosivo no setor 2 .....	72
6.9 Presença de minerais pesados disseminados, em primeiro plano .....	74
6.10 Concentração de minerais pesados, no setor 3 .....	74
6.11 Bar Brisa Mar, divisa entre os setores 3 e 4 da área em estudo .....	76
6.12 Praia de Itapoama, sendo ocupada por bares em alvenaria ou madeira .....	76
6.13 Cursos de águas pluviais, contaminados por esgotos .....	77
6.14 Águas pluviais contaminadas que se acumulam em função da morfologia da praia .	77
6.15 Derrames de rochas traquíticas associados com recifes .....	78
6.16 Edifício vulcânico de onde foram emanados os derrames de lavas .....	78

6.17 Arenitos de praia ( <i>beachrocks</i> ) que exercem função dissipadora da energia .....	79
6.18 Intervenção antrópica em função de construções inadequadas .....	79
6.19 Impacto ambiental provocado por esgoto doméstico .....	80
6.20 Dunas, ocorrência rara em PE, fixas, em local onde houve intervenção antrópica ....	80
6.21 Manguezal na faixa de praia (estirâncio) .....	82
6.22 Cursos de águas pluviais que proporcionam um ambiente adequado .....	82
6.23 Coqueiros com as raízes expostas prestes a desabar .....	84
6.24 Vista parcial para o sul da praia de Gaibu mostrando a ocupação da pós-praia .....	84
6.25 Dunas em lavra na mina Guaju, Mataraca – PB .....	102
6.26 Formação e configuração da duna de rejeito, Mataraca – PB .....	102
6.27 Concentração de minerais pesados na interface entre a faixa de praia e a pós-praia .	109
6.28 Setor de praia (estirâncio) nas proximidades do rio Jaboatão .....	109
7.1 Vista parcial da pós-praia do perfil P <sub>1</sub> , de norte para sul .....	124
7.2 Vista da faixa de praia do perfil P <sub>1</sub> , do continente para o mar.....	124
7.3 Vista da faixa de praia do perfil praial P <sub>1</sub> , mostrando sua larga extensão.....	125
7.4 Vista da faixa de praia do perfil praial P <sub>1</sub> .....	125
7.5 Vista parcial, para Leste, do setor de pós-praia do perfil P <sub>2</sub> .....	130
7.6 Vista parcial do perfil P <sub>2</sub> , para sul.....	130
7.7 Vista parcial, para norte, do estuário do rio Jaboatão .....	131
7.8 Vista parcial, do perfil P <sub>2</sub> , contrária ao mar .....	131
7.9 Vista geral do perfil praial P <sub>3</sub> , na praia do Paiva, para sul .....	136
7.10 Vista parcial, do continente para o mar, do perfil praial P <sub>3</sub> .....	136
7.11 Vista geral do perfil praial P <sub>4</sub> , para sul, na praia do Paiva .....	138
7.12 Vista geral do perfil praial P <sub>4</sub> , em direção ao mar, em agosto de 2002 .....	138
7.13 Vista geral do perfil P <sub>5</sub> no mês de agosto de 2002 .....	143
7.14 Vista geral do perfil praial P <sub>6</sub> , para norte .....	148
7.15 Vista geral do perfil praial P <sub>6</sub> , para norte, no mês de dezembro de 2002 .....	148
7.16 Vista parcial, contrária ao mar, do perfil P <sub>7</sub> .....	154
7.17 Vista geral, contrária ao mar, do perfil praial P <sub>7</sub> na praia de Enseada dos Corais .....	154
7.18 Sacos plásticos preenchidos com areia, na escarpa de berma .....	157
7.19 Vista de N-S mostrando configuração da linha de costa pretérita ( <i>beachrocks</i> ) .....	157
7.20 Vista de sul para norte, nas proximidades do perfil 8 .....	160
7.21 Coqueiros plantados há mais de duas décadas com suas raízes expostas .....	160

8.1	Espinho de ouriço (classe Echinoidea) .....	180
8.2	Bioclásticos diversos e detritos de grão de quartzo hialino da plataforma .....	180
9.1	Setor 1, praia do Paiva, caracterizado por baixo grau de desenvolvimento .....	199
9.2	Vista parcial da praia do Paiva (Setor 1), onde não existem edificações .....	199
9.3	Vista parcial do setor 2, praia de Itapoama .....	200
9.4	Vista parcial do setor 4, praia das Pedras Pretas .....	200
9.5	Vista geral do setor 5, caracterizado por apresentar indícios de processo erosivo .....	201
9.6	Vista parcial, em detalhe, no início do setor 5, praia de Enseada dos Corais .....	201
9.7	Vista do setor 6, praia de Gaibú, que apresenta linha de costa estável .....	203
9.8	Vista do setor 7, praia de Gaibu .....	203
9.9	Vista parcial do porto de Suape.....	207
9.10	Vista do porto de Suape, cujas obras alteram a hidrodinâmica.....	208
9.11	Ilha de Cocaia, forma de relevo emersa.....	208

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela	Página
2.1 Eficiência das campanhas de medições de ondas na zona de Suape – PE .....	19
2.2 Valores Dominantes de Hs, Tz e D por estação (Fonte – Porto de Suape) .....	19
2.3 Valores extremos observados durante o período 1980-1983 .....	20
2.4 Percentual de ocorrência dos dois tipos de ondas ( <i>Sea</i> e <i>Swell</i> ) .....	20
2.5 Valores da altura das ondas nas estações estabelecidas .....	21
2.6 Comparação dos resultados obtidos de altura, período e direção de onda .....	22
3.1 Fórmulas e limites de parâmetros estatísticos .....	33
6.1 Resultados, em percentagem, das análises morfoscópicas e composicional .....	91
6.2 Dados hidrodinâmicos e morfodinâmicos da área estudada .....	95
6.3 Cálculo do parâmetro de Dean (1973), e classificação morfodinâmica .....	98
6.4 Distribuição das amostras coletadas na área estudada para análise .....	103
6.5 Percentuais de minerais leves e pesados das amostras da área .....	104
6.6 Identificação dos minerais pesados em cada uma das amostras .....	105
7.1 Comportamento dos setores, em médio prazo, na evolução da linha de costa .....	120
7.2 Variação de volume nos meses monitorados no perfil P <sub>1</sub> .....	128
7.3 Variação de volume, no perfil P <sub>2</sub> .....	133
7.4 Variação de volume, no perfil P <sub>3</sub> .....	135
7.5 Variação de volume, no perfil P <sub>4</sub> .....	140
7.6 Variação de volume, no perfil P <sub>5</sub> .....	146
7.7 Variação de volume, no perfil P <sub>6</sub> .....	147
7.8 Variação de volume, no perfil P <sub>7</sub> .....	153
7.9 Volume de material nos perfis P <sub>1</sub> a P <sub>7</sub> .....	161
8.1 Parâmetros percentuais de carbonato dos sedimentos .....	170

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A Zona Costeira é um dos mais complexos e sensíveis ambientes existentes na natureza, onde atuam diversos processos hidrodinâmicos relacionados aos ambientes marinho e continental. Esta zona apresenta recursos naturais que se caracterizam por uma série de potencialidades econômicas e alta complexidade ambiental devido à forte presença de ecossistemas importantes, tais como: áreas úmidas, (manguezais, restingas, estuários), baías e praias, que possuem um papel fundamental na produtividade dos recursos vivos. Contrastando com este fato, a Zona Costeira encontra-se, em geral, com ocupação antrópica alta, resultante da atividade desordenada pressionada pela especulação imobiliária, resultante de um modelo de desenvolvimento econômico que não leva em conta a necessidade da variável ambiental.

A crescente tomada do espaço costeiro e sua utilização econômica com conseqüentes impactos, cujo somatório tende a provocar alterações que levam à degradação da paisagem e dos ecossistemas, despertam, na sociedade, a convicção de que, através da pesquisa científica e de ações de gerenciamento e educação ambiental, encontre-se uma situação de uso e preservação que minimizem os efeitos adversos no meio ambiente, principalmente no litoral.

O uso da zona costeira, direcionada para o lazer e turismo, que induz à construção civil em áreas indevidas (terraços marinhos e pós-praia, por exemplo), vem permitindo nos últimos anos, que o processo erosivo se instale, sendo considerado, desta forma, um risco geológico e ambiental em potencial. Estes riscos agravam-se ainda mais, no Brasil, devido à falta de um planejamento urbano racional para ocupação e uso do solo costeiro.

A região Nordeste do Brasil que, até bem pouco tempo, salvo as grandes cidades, era constituída por vilas de pescadores e pequenos povoados, atualmente encontra-se no mesmo patamar, ou seja, também são feitos sem um planejamento ocupacional adequado.

A faixa costeira do Estado de Pernambuco, com aproximadamente 187km de extensão, vem passando por sérios problemas ambientais em função da ocupação urbana, na maior parte das vezes, ter sido realizada de forma desordenada. A falta da aplicação da legislação existente faz com que, a cada dia, aumente o crescimento urbano nas regiões costeiras, sem ordenação. Isto é notório levando-se em conta que a Região Metropolitana do Recife já abriga 44% da população do Estado. Além do exposto, o fato de ser a zona costeira uma área de maior concentração das atividades econômicas, industriais, de recreação e turismo, projeta-se, para as próximas décadas, um crescimento demográfico ainda superior.

As pesquisas técnicas-científicas desenvolvidas no litoral do Estado mostram que há muitos pontos de desequilíbrio, principalmente os relacionados ao balanço de sedimentos que

é uma característica para que o perfil da costa seja mantido, e conseqüentemente, que não se instalem processos erosivos danosos e irreversíveis.

Deste modo, esta pesquisa é o resultado de um estudo sistemático dos condicionantes dos processos erosivos na região compreendida entre a Praia do Paiva e o Cabo de Santo Agostinho - litoral sul de Pernambuco, bem como se trata de um diagnóstico ambiental do meio físico da Orla Marítima e da Plataforma Continental Interna Adjacente, que irá auxiliar na identificação de áreas potencialmente propensas à erosão, além de serem informações inéditas para esta área. Este trabalho tem ainda, como objetivo específico, fazer uma abordagem das características geológicas, geomorfológicas e sedimentológicas no trecho da plataforma continental interna de Pernambuco entre as praias referidas acima, com o propósito de determinar a diferente fácies que constituem este assoalho da plataforma do Estado referido.

A área de estudo localiza-se na zona costeira do Município do Cabo de Santo Agostinho, litoral sul do Estado de Pernambuco, com cerca de 91 km<sup>2</sup>. Situa-se entre os paralelos 08° 15' 52" e 08° 21' 61" de latitude sul e meridianos 34° 57' 00" e 34°52'00" de longitude a oeste Greenwich (Figura 1.1). Este município pertence à Região Metropolitana do Recife (RMR), distando cerca de 40 km da capital.

No que se refere ao corpo do trabalho, está dividido em capítulos, assim distribuídos:

- Este, que hora mencionamos, onde se faz um alerta sobre os processos erosivos nas regiões costeiras, como também uma introdução mostrando a estrutura do trabalho e seus objetivos.

- O segundo capítulo, em que se aborda todos os métodos de trabalho que foram utilizados.

- No terceiro capítulo, apresenta-se a área em estudo, destacando-se seus aspectos fisiográficos, bem como os dados gerais que retratam o atual estágio, no que se refere ao nível de conhecimento, relacionado às informações oceanográficas da plataforma continental adjacente.

- No quarto capítulo faz-se referência ao contexto geológico geomorfológico regional e uma discussão sobre a questão ambiental na área.

- O quinto capítulo aborda a planície costeira, ressaltando sua geologia e geomorfologia com seus subcompartimentos e analisando-se as variações do nível do mar durante o Quaternário; foi feita também, uma tentativa de se relacionar, temporalmente e espacialmente, às feições geomorfológicas da planície costeira da área estudada.

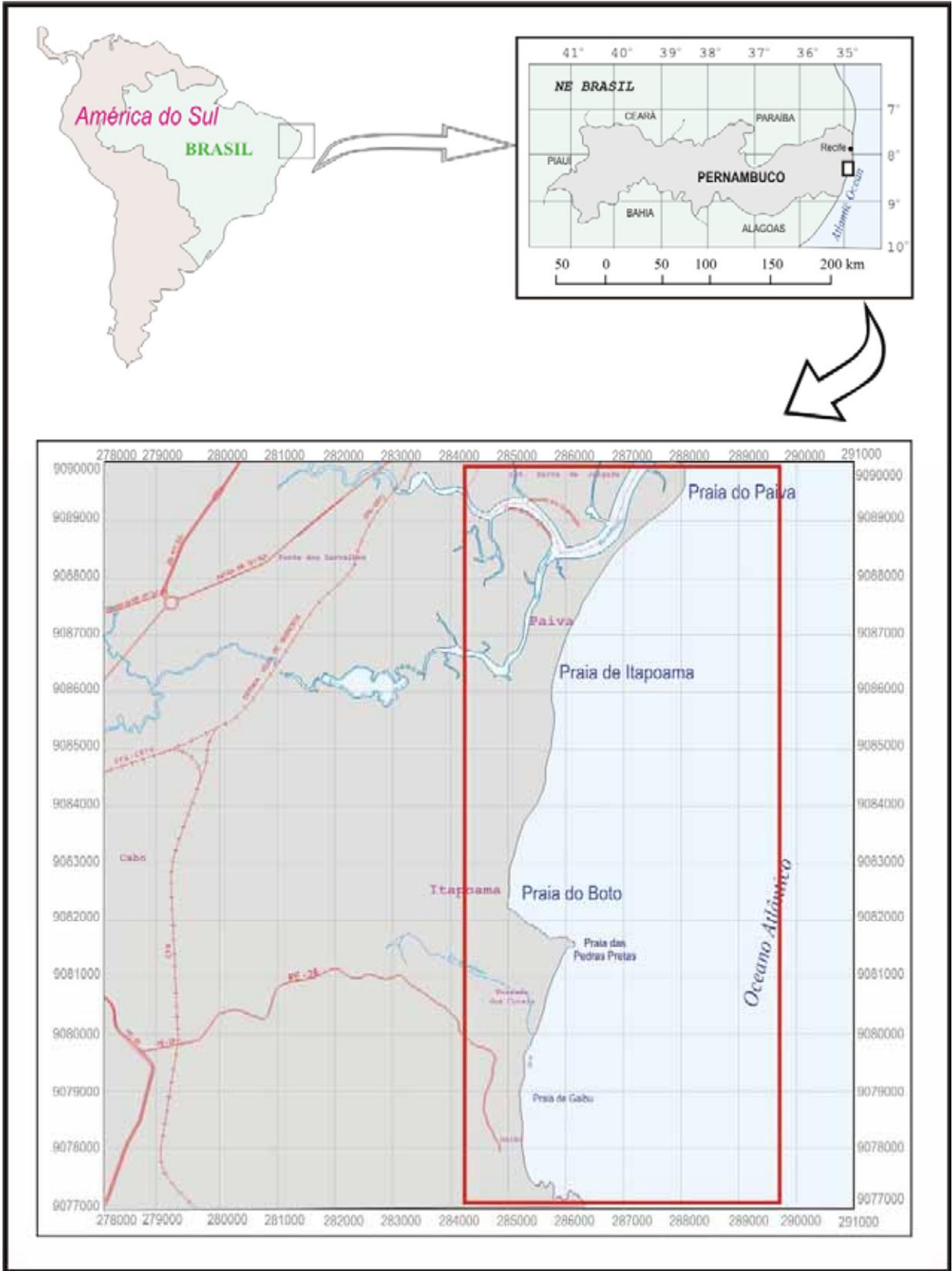


Figura 1.1 Mapa de localização da área estudada

Area estudada  Escala Gráfica 

- No sexto capítulo descreve-se o sistema praial, analisando-se a morfologia e as características do litoral. Aborda-se ainda, a sedimentologia, inclusive destacando os placeres marinhos e fecha-se o capítulo caracterizando-se a praia do ponto de vista morfodinâmico.

- O sétimo capítulo aborda a vulnerabilidade, descrevendo as áreas onde os processos erosivos são mais evidentes.

- No oitavo capítulo faz-se uma menção à evolução da linha de costa a médio e em curto prazo.

- O nono capítulo trata do estudo da plataforma continental adjacente descrevendo, entre outras coisas, seus sedimentos superficiais, procurando-se também, caracterizar os processos marinho-rasos e fluviais.

E, por fim, o décimo capítulo onde são feitas as considerações finais e conclusões.

**CAPÍTULO 2**  
**ASPECTOS GERAIS DA ÁREA**  
**ESTUDADADA**

## CAPÍTULO 2 – ASPECTOS GERAIS DA ÁREA ESTUDADA

### 2.1 Clima

Considerando-se a classificação de Köppen (apud SUDENE, 1978), o clima da área estudada é do tipo Ams', isto é, tropical úmido, com chuvas de outono/inverno de características físicas bem definidas. A precipitação pluviométrica anual é bastante elevada, com oscilações em torno de 2000 mm em relação às chuvas de monção (Figura 2.1).

Os meses de maio, junho e julho correspondem ao trimestre mais úmido, sendo julho o mês mais frio e chuvoso enquanto que outubro, novembro e dezembro representam o trimestre mais seco. Janeiro e fevereiro são os meses de maior calor (Figura 2.2). A umidade relativa do ar é alta, variando entre 72,9 % e 90,7 %, podendo atingir 100 % em municípios próximos, como é o caso de Recife. Entretanto, é importante salientar que os anos 2003 e 2004 tiveram um comportamento um pouco atípico em termos de índices pluviométricos (Figura 2.3).

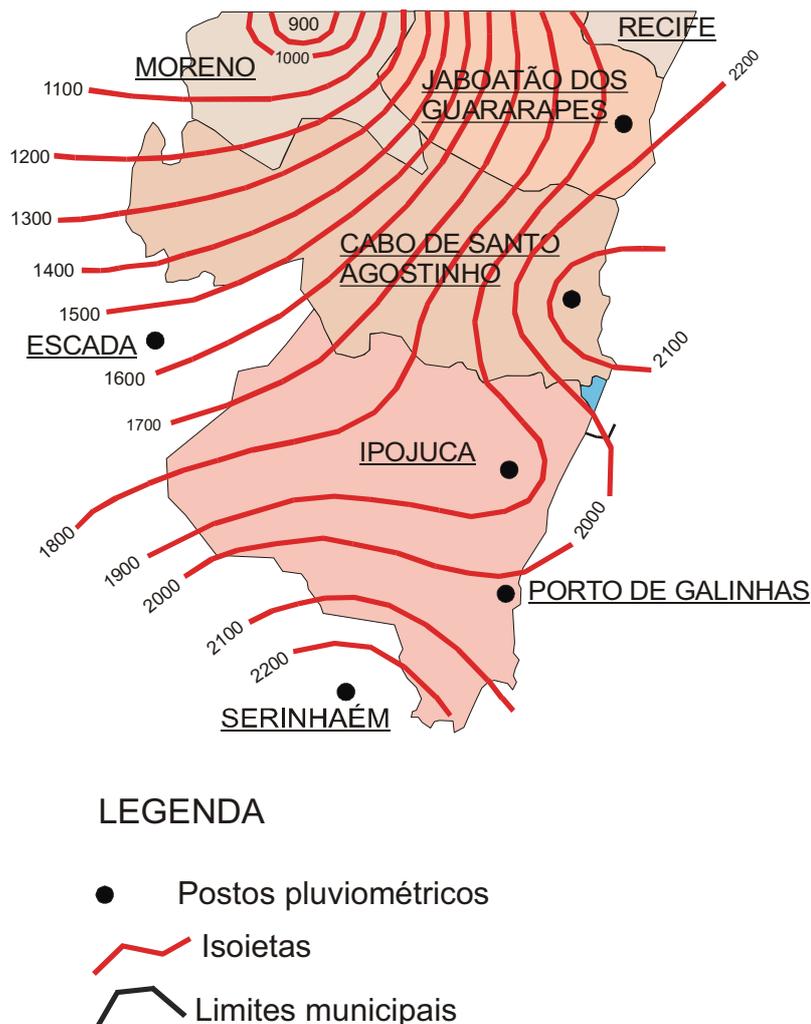


Figura 2.1 - Mapa de Isoietas do Cabo de Santo Agostinho e municípios vizinhos (modificado de Alheiros, 1998).

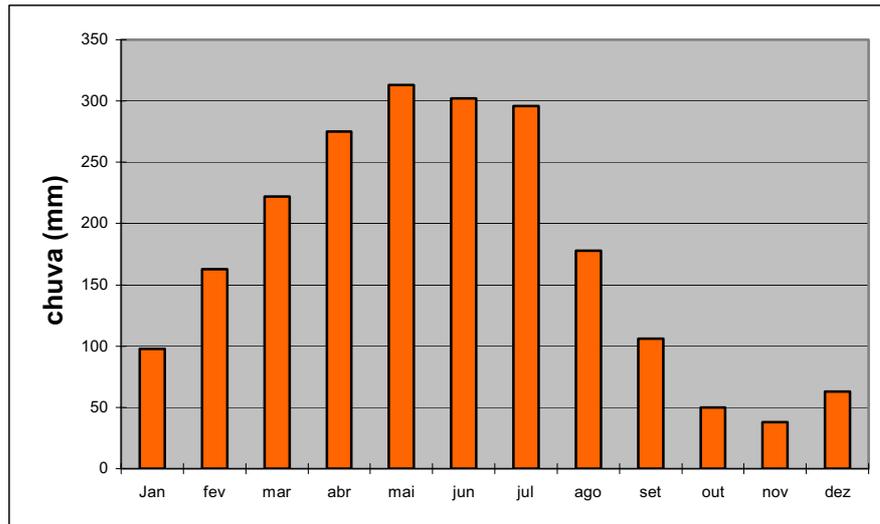


Figura 2.2 Chuvas médias mensais do Cabo de Santo Agostinho e municípios vizinhos (Alheiros 1998).

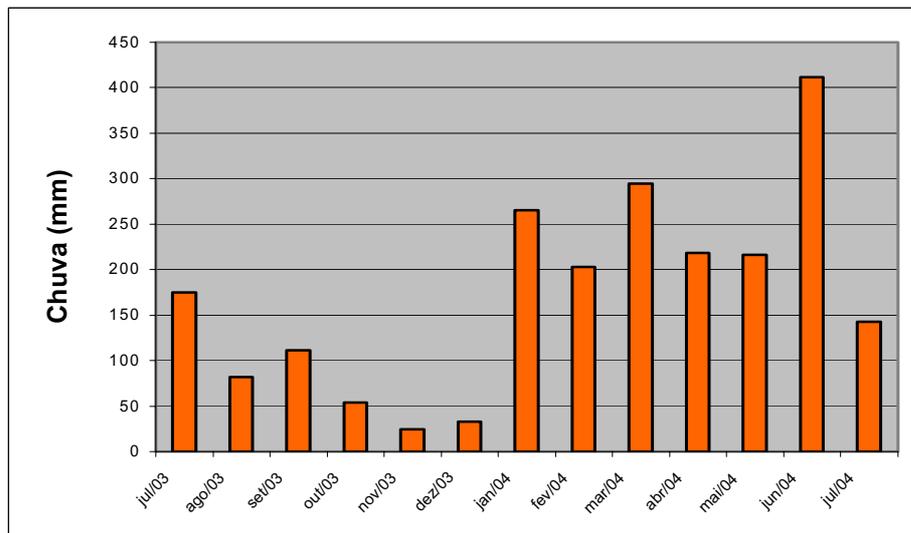


Figura 2.3 - Média pluviométrica mensal do Cabo de Santo Agostinho de Julho de 2003 a Julho de 2004 (SUDENE – Proclima, 2004).

Intervalos de chuva média ( mm / ano )	Graus de suscetibilidade
> 1.500	Alta
1.000 - 1.500	Média
< 1.000	<b>Baixa</b>

Figura 2.4 - Média pluviométrica X Grau de Suscetibilidade do Cabo de Santo Agostinho e municípios vizinhos (Alheiros,1998).

## **2.2. Vegetação**

Segundo levantamentos executados pela SUDENE (1973) na área em estudo, como também em toda a costa pernambucana, ocorre predominância de dois tipos básicos de formações florestais que são: as florestas subperenifólia e as formações litorâneas.

A Floresta Subperenifólia caracteriza-se por ser uma formação densa (árvores com altura de 20-30m), rica em espécies e que nos últimos 450 anos vem cedendo lugar à cultura da cana de açúcar e, mais recentemente, a outras culturas na zona úmida costeira.

As Formações Litorâneas são representadas por um número significativo de tipos florestais. Entre os mesmos pode-ser citado: a floresta perenifólia de restinga, os manguezais, as formações de praia e os campos de várzea. A floresta perenifólia de restinga exibe árvores de troncos finos, ocorrendo, em geral, associada aos terraços arenosos de idade holocênica da baixada litorânea, sendo uma formação pouco densa. Os manguezais são formações lenhosas de aspecto característico, comuns nos terrenos alagados da orla marítima e desembocadura de rios sob influências das marés, abrangendo parte dos estuários dos rios da região. As formações de praia são representadas por uma vegetação rasteira, na maioria das vezes rala, ocorrendo próximo ao mar. E os campos de várzea ocorrem nas várzeas úmidas e alagados, periferia de cursos d'água, brejos e outros lugares onde existe acumulação de água doce. (Fotos 2.1 e 2.2).

## **2.3 Hidrografia**

A bacia hidrográfica que drena a área estudada é a bacia do rio Pirapama e os principais rios são o Pirapama e o Jaboatão. Estes rios são perenes e apresentam um padrão de drenagem irregular a dendrítica (Fotos 2.3 e 2.4).

O rio Jaboatão nasce na cidade de Vitória de Santo Antão e desemboca na praia de Barra das Jangadas, na cidade de Jaboatão dos Guararapes. Em alguns trechos do seu curso está praticamente morto. Recebe esgoto doméstico, industrial, além do lixo jogado pela população e pelos comerciantes.

O rio Pirapama, com cerca de 80 Km de extensão, nasce no município de Pombos e tem 77 % de sua bacia no Município do Cabo de Santo Agostinho onde banha a sede municipal e o Distrito Industrial ali localizado. Devido a condicionamentos estruturais (adaptação à linha de falhas), o Pirapama muda várias vezes de direção entre a nascente e o início da Planície Costeira, que percorre no sentido geral oeste-leste até a altura da praia do Paiva. Nesse ponto, inflete para norte, encontrando, mais adiante, o rio Jaboatão. A partir dali,

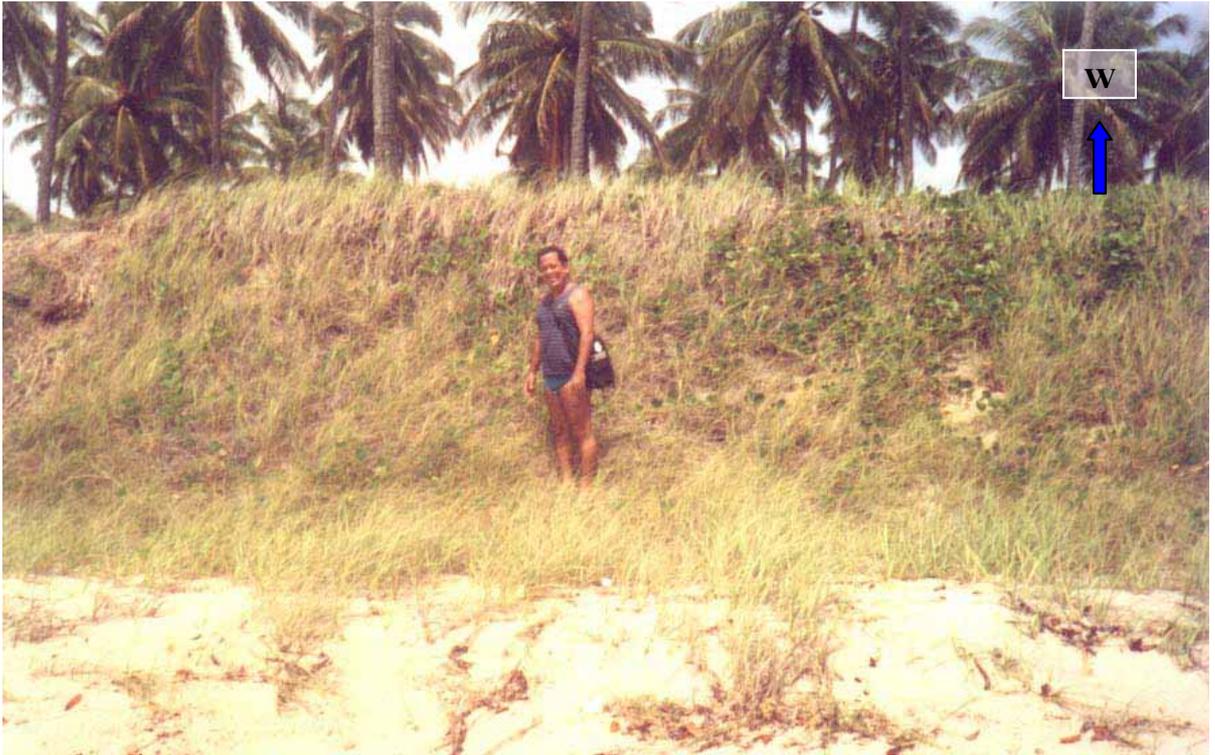


Foto 2.1 - Vegetação rasteira típica do litoral de Pernambuco. É constituída, geralmente, por gramínea, capim, areia e salsa de praia, sendo observada com freqüência na pós-praia. Praia do Paiva – PE.



Foto 2.2 - Vegetação de floresta subperenifolia na praia de Pedra do Xaréu, em solos vulcânicos da Suíte Ipojuca.

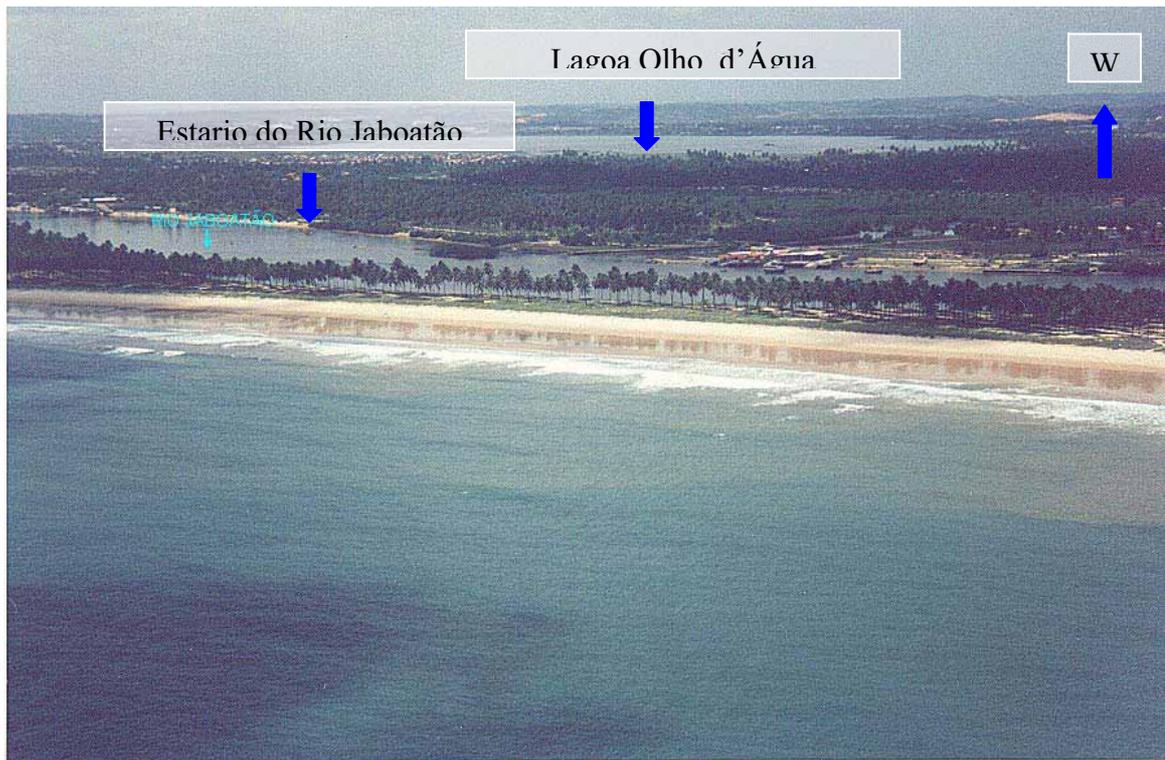


Foto 2.3 – Vista aérea mostrando o rio Jaboatão, parte da praia do Paiva e a lagoa Olho d'Água (ao fundo). (Foto – Robson Xavier , 1996).



Foto 2.4 – Vista aérea, parcial, da praia do Paiva mostrando em segundo plano o estuário do rio Jaboatão. (Foto – Robson Xavier, 1996).

percorrem juntos 2,5 Km, até a desembocadura em Barra de Jangada (Foto 2.5). No trecho entre Camaçari e o rio Jaboatão, à retaguarda da praia e da restinga do Paiva, encontra-se o manguezal do rio Pirapama e parte daquele do rio Jaboatão.

Os maiores tributários do Pirapama encontram-se em sua margem esquerda e são, em ordem decrescente de extensão, os rios Gurjaú, Cajabuçu e Arariba (Macacos), todos com nascentes no município de Moreno. No primeiro, localizam-se as barragens de Gurjaú e Sucupema, integrantes do sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana do Recife. Pela margem direita, sobressaem, em extensão, os afluentes Santa Amélia, Utinga de Cima e Camaçari, o primeiro inteiramente localizado no município do Cabo de Santo Agostinho e os dois últimos com nascentes no município de Escada.



Foto 2.5 - Rio Pirapama e a margem esquerda da sua planície fluvial. (Foto – CPRH, Agenda 21, 2001).

A bacia do Pirapama vem sendo monitorada e esse monitoramento é baseado em quatro linhas de ação:

- Operação das estações hidrométricas e monitoramento de sub-bacias, para a constituição de uma base de dados históricos sobre o sistema fluvial que possibilite estudos e acompanhamento das alterações hidrológicas e ambientais;

- Campanha especial de monitoramento do rio, nas estações, para avaliar as alterações da qualidade de suas águas durante um ano;
- Campanha sistemática de monitoramento da qualidade da água do rio Pirapama e seus afluentes, com o objetivo de preservar os múltiplos usos, especialmente o abastecimento humano; e
- Avaliação das alterações a jusante da futura barragem do Pirapama, em função do represamento do rio, com a caracterização dos efeitos desse barramento sobre o equilíbrio do estuário (Figura 2.5).

O sistema de monitoramento hidrológico encontra-se em andamento desde novembro de 1998 e é desenvolvido, em parceria, pela Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH), Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), Secretaria de Estudos Científico e tecnológico do Meio Ambiente (SECTMA) e Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco (ITEP).

A água para abastecimento humano é um dos principais usos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Pirapama. A utilização das águas do Pirapama para abastecimento do município de Recife data do início do século e demanda hoje uma vazão permanente de 1,0 m<sup>3</sup>/s (Agenda 21 – Projeto Pirapama, 2001).

## **2.4 Oceanografia**

Os dados gerais que retratam o atual estágio, no que se refere ao nível de conhecimento relacionado às informações oceanográficas da plataforma continental adjacente, serão abordados neste item.

### **2.4.1 Regime de Marés**

São escassas as estações maregráficas no litoral sul do Estado de Pernambuco. Estas informações, no momento, são resultantes de levantamentos realizados pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), cujas estações situam-se no Porto do Recife e no Porto de Suape. De acordo com esta fonte de informação, as marés, em ambos os portos, exibem amplitude e período que as enquadram como sendo mesomarés semidiurnas. As marés do litoral do Estado de Pernambuco são classificadas como mesomarés.

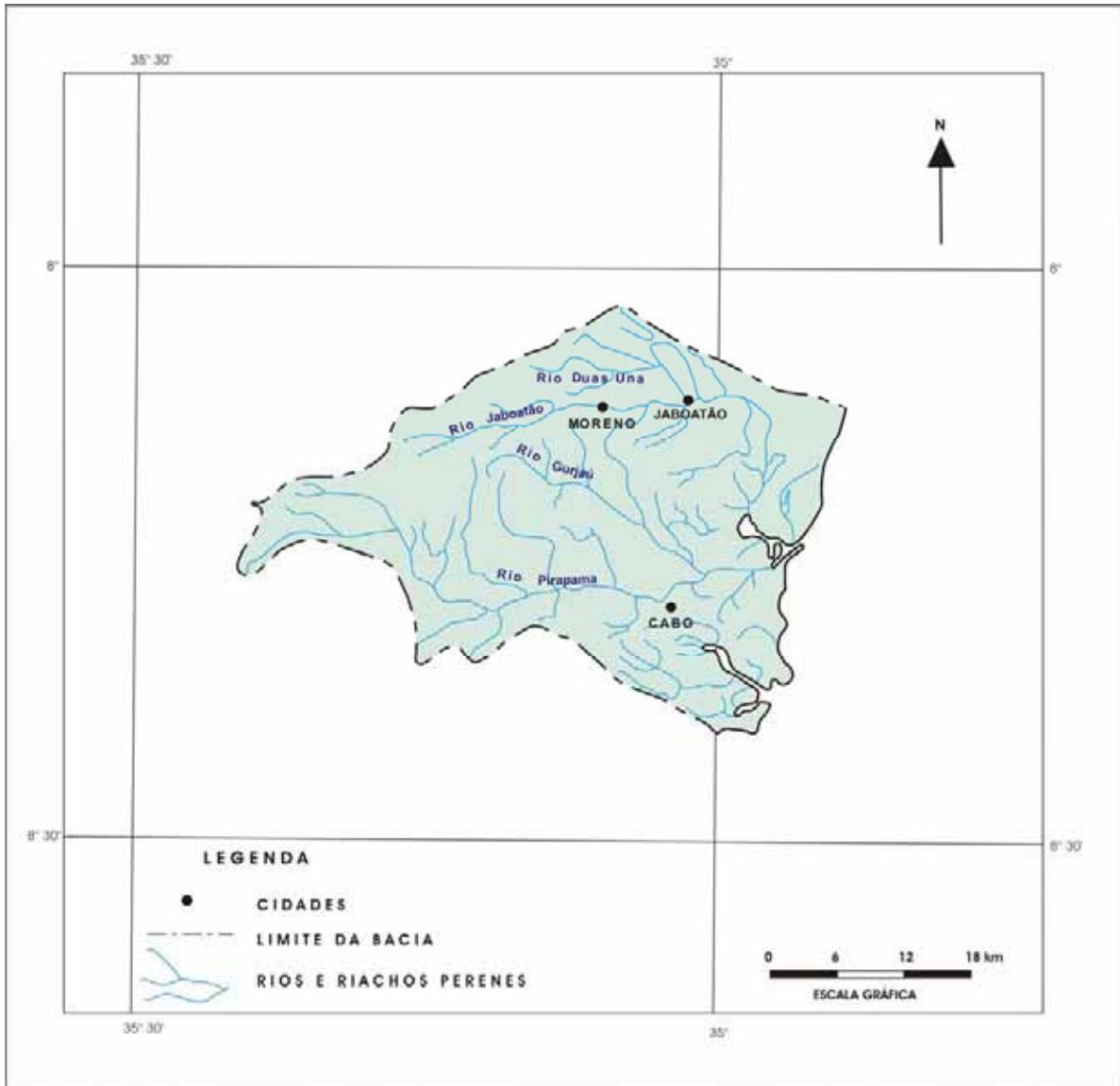


Figura 2.5 - Mapa da Bacia do Pirapama (Fonte - CONDEPE 1960)

### 2.4.2 Salinidade e Temperatura

De modo geral, pode-se dizer que a salinidade e a temperatura das águas da plataforma continental adjacente à zona costeira da área em estudo apresentam um ciclo sazonal bem definido.

As temperaturas superficiais das águas que cobrem a plataforma continental oscilam entre 27,0°C e 28,7°C. Da superfície até a profundidade de 50m, a temperatura é praticamente constante, tendo início um decréscimo a partir de 60 – 70 m, coincidindo com a borda da plataforma e início da termoclina (Costa *et al.*, 1991).

Assim como a temperatura, a salinidade também apresenta um ciclo sazonal. Em períodos secos foram observados valores mais elevados (37,1, que corresponde ao valor máximo), enquanto que no período chuvoso esses valores foram mais baixos (28,88, valor mínimo). Devido à influência do aporte dos rios costeiros, os valores referidos apresentam flutuações próximo à costa, do mesmo modo que a temperatura.

### 2.4.3 Sistemas de Correntes Marinhas

Três tipos de correntes marinhas fundamentais atuam junto à praia, ou sejam: as correntes longitudinais, as correntes de retorno, e as correntes geradas por ondas. Entre as três, as correntes longitudinais são as mais importantes, e movem-se paralelamente à linha de costa. A velocidade de uma corrente longitudinal varia, principalmente, em função do ângulo de incidência das ondas. As maiores velocidades são alcançadas quando o ângulo situa-se entre 46° e 58° (Larras, 1961; apud Suguio, 1992). No entanto, Muehe (1994) afirma que ângulos superiores a 5° são suficientes para produzir grandes velocidades. Já as correntes de retorno são responsáveis pelos movimentos dos sedimentos costa afora, e englobam fortes correntes superficiais que fluem para o mar aberto, correspondendo ao movimento de retorno das águas acumuladas na zona costeira pelos sucessivos trens de ondas. Seu comprimento pode variar de 70 m a 830 m (Suguio, 1992), e as suas velocidades variam tipicamente entre 2m/s e 3m/s, no entanto valores de 10m/s têm sido registrados (Reading & Collinson, 1996).

A denominação de correntes geradas por ondas foi proposta por Kennett (1982), não estando, entretanto, ainda bem definida. Este terceiro tipo relaciona-se com o movimento no sentido da antepraia – costa afora (ou vice-versa), e está subordinada a condições específicas como, por exemplo, clima de onda e local de ocorrência. Davis (1978) propôs a denominação de correntes transversais, ou normais à costa, para este terceiro tipo de onda.

Os sistemas de correntes que, provavelmente, afetam a sedimentação e conseqüentemente a morfologia costeira da área em estudo são: correntes de maré, correntes de circulação oceânica, correntes fluviais e correntes litorâneas.

Sendo a região pesquisada submetida a um regime de mesomarsés, é natural que as correntes de maré exerçam uma substancial influência no modelado costeiro.

A circulação oceânica regional é caracterizada pela Corrente do Brasil que flui para o Sul com velocidades de 0,2m/s a 0,5m/s.

No que se refere à velocidade de correntes próximas à costa, não existem dados por longos períodos de observações. No litoral sul de Pernambuco, o levantamento realizado na região do Porto de Suape comprovou que na área externa dos *beachrocks*, a velocidade máxima de corrente medida atingiu 0,5m/s.

Estudos realizados na Praia de Boa Viagem no Recife, em 1994, pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM/DEMI-UFPE), sobre as referidas correntes, mostraram que as mesmas ocorrem, preferencialmente, no sentido N-S (77 %), com velocidades concentradas entre 0,2m/s e 0,3m/s. Já no sentido S-N, prevalecem velocidades entre 0,1m/s e 0,2m/s.

Madruza Filho (1999), em trabalho realizado na Praia do Paiva com apoio do LGGM/DEMI, constatou que a corrente litorânea apresentou-se, predominantemente, no sentido S-N (90 %), com velocidades geralmente de 0,5m/s, ou próximas a este valor. Estes números são praticamente os mesmos da região do Porto de Suape.

#### **2.4.4 Climats de Ondas**

As ondas são, entre os fenômenos naturais, um dos mais conhecidos e estudados, representando o principal fator de modelagem das zonas costeiras.

A ondulação que é observada na superfície do mar é devida à ação do vento. As ondas são, na verdade, o mais importante agente marinho que governa o desenvolvimento da linha de costa, e muito da natureza dinâmica do ambiente de praia é resultado, direto ou indireto, das mesmas.

A energia do vento é transferida diretamente para as ondas quando ambos se propagam na mesma direção, e enquanto o vento exceder em velocidade de propagação. O vento pode diminuir em intensidade, ou mudar de direção, ou ainda propagar-se fora da zona de geração, de modo que para qualquer um destes eventos, as ondas começam a decair.

Geradas as ondas, estas mantêm sua trajetória mesmo fora da área de ação do vento, quando, então, passam a ser denominadas marulho (*swell*). Por se propagarem como as

ondulações concêntricas, geradas por um objeto na água, a energia se distribui ao longo de uma circunferência cada vez maior, o que resulta em diminuição de energia por unidade de comprimento de crista, ou seja, em diminuição da altura da onda. A ondulação viaja pelos oceanos perdendo muito pouca energia. Sendo assim, as ondas que causam erosão em uma suposta linha de costa, muitas vezes foram geradas em áreas de tempestades localizadas a muitos quilômetros de distância.

No Estado de Pernambuco o sistema de ondas oceânicas que aportam às áreas costeiras, em função da significativa constância na velocidade e direção do sistema de ventos, exerce grande influência no transporte de sedimentos à praia. As ondas de direção E-SE, associadas a ventos de mesma direção, têm uma altura média de 1 a 1,5m e períodos de 5 s a 7 s dominando durante todo o ano (Hog-Ben & Lumb, 1967; U.S. NAVY, 1978; apud Dominguez *et al.*, 1992).

As praias são depósitos de sedimentos constituídos por areias, cascalhos, fragmentos de conchas etc., acumulados pela ação das ondas e ajustados às condições hidrodinâmicas. O ambiente praiial apresenta três setores distintos: pós-praia, praia e antepraia, cada um com características próprias. Essas áreas são dinâmicas, com deslocamento periódico de material de um para outro setor. Em condições de ventos intensos, as ondas provocam erosão na pós-praia e a deposição na antepraia. Ao contrário, sob condições de ventos fracos, o material depositado na antepraia, na forma de bancos arenosos, é erodido e distribuído sobre a praia e pós-praia.

O transporte de sedimentos pela ação das ondas ocorre tanto na direção paralela como perpendicular à praia. Em ambos os casos verifica-se a seleção natural do material em função do tamanho das partículas e dos agentes hidrodinâmicos, especialmente do regime de ondas. Esses agentes são responsáveis pelas constantes modificações dos perfis praiiais.

Ao atingirem a costa, os sistemas de ondas incidentes são submetidos a transformações em águas rasas, tais como processos de refração, difração e empinamento, gerando padrões locais de circulação hidrodinâmica, com a formação de correntes de retorno e de deriva litorânea, fundamentais na definição morfodinâmica das praias.

#### **2.4.4.1 Características das Ondas em Água Profunda**

Em águas profundas as partículas de água numa onda movem-se em uma trajetória quase circular. Na crista da onda, as partículas deslocam-se na mesma direção que a da propagação desta, enquanto que na calha deslocam-se na direção oposta.

Quando as ondas entram na zona de atenuação (*shoaling waves zone*), elas são extensivamente modificadas e mudam de uma forma sinusoidal simétrica para uma forma assimétrica: a velocidade e o comprimento da onda diminuem, a altura e o declive aumentam, e somente o período permanece constante (Reading & Collinson, 1996).

A costa brasileira pode ser considerada como uma área calma, já que não está afetada por nenhum sistema climático capaz de gerar tormentas de grande magnitude. O maior sistema meteorológico presente no Brasil é o anticiclônico do Atlântico Sul, com características estacionárias, pois atua de forma quase permanente, e é o responsável pela formação das frentes frias que se deslocam para o norte. Em geral, se observa uma redução da frequência e energia das tormentas desde a costa Sul para a região Nordeste.

Homsí (1978) definiu as características das ondas para as regiões Sul, Sudeste e a parte oriental do Nordeste do Brasil, baseado no registro de 14 ondógrafos, e observou que a maior altura significativa registrada durante todo o período de estudo (1962-1978), considerando todas as direções e estações do ano, foi de 4,9 m, na estação de Tramandaí (extremo sul do Brasil, aproximadamente a 30° S), no outono de 1963. A segunda região que apresentou maior altura da onda foi Macaé (Rio de Janeiro, a 22° S), com uma Hs máxima da ordem de 4 m, registrada no verão de 1978. Como feição geral, do Rio Doce (18° de latitude Sul) para Natal (5,9° S) as alturas significativas máximas da onda são sempre inferiores a 4 m.

#### **2.4.4.2 Características Locais da Onda**

A caracterização da onda para a região Metropolitana de Recife está baseada nos registros e informes dos 4 anos de medições (1980-1984) da onda, realizadas no porto de Suape pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), por contrato com o Governo do Estado de Pernambuco. Os registros foram obtidos com um ondógrafo do tipo Waverider, instalado a uma profundidade média de 17 m. Os registros foram tomados diariamente a intervalos de 3 horas e durante 20 minutos. As coordenadas geográficas do ponto de fundeio do ondógrafo foram 08° 21' 43'' de latitude Sul e 34° 55' 55'' de longitude Oeste, definidas de forma a evitar a presença de barras, ilhas ou obstruções que pudessem influir no clima de ondas registradas e invalidar os resultados para aplicar em áreas adjacentes.

As direções de propagação das ondas foram obtidas mediante leitura de teodolito, instalado em um ponto elevado do Cabo de Santo Agostinho, com observações diárias às 8:00 e 17:00 horas. A eficiência das campanhas foi avaliada pela relação entre o número total de registros e o número de registros possíveis, o que confere para o período analisado um rendimento superior a 88 %. Ao longo do período de observações, existem meses com um

rendimento de até 99,7 %. A diminuição da eficiência é devida a causas variadas, que vão desde períodos em que o ondógrafo foi retirado para manutenção, até problemas com o registrador colocado na terra. O valor do rendimento obtido pode ser considerado satisfatório, já que neste tipo de controle é comum a presença destes problemas (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Eficiência das campanhas de medições de ondas na Zona de Suape – PE (Fonte – Porto de Suape).

Ano	1980	1981	1982	1983
Eficiência	84,12 %	95,78 %	83,18 %	89,76 %

#### 2.4.4.3 Descrição Interanual do Clima de Ondas

O clima de ondas na região de Recife é representado por duas estações distintas aqui definidas: Verão e Inverno. Na tabela 2.2, abaixo, apresenta-se os valores dominantes por estações para os quatro anos de medidas. A altura significativa variou no período entre 0,75 e 1,2 m, sendo os menores valores encontrados durante a estação do verão. O período dominante de 6,5 s é o mesmo para as duas estações e não variou durante os 4 anos de observações. A direção mostra-se de forma variada sendo a mesma, nos anos de 1980 e 1983, respectivamente 120° e 112°, e com direções mais ao norte no período do verão nos outros anos.

Tabela 2.2 - Valores Dominantes de Hs, Tz e D por estação (Fonte – Porto de Suape).

Ano	1980		1981		1982		1983	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Parâmetro								
Hs (m)	0,9	1,2	1,05	1,1	0,95	1,15	0,75	0,95
Tz (s)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
D°	120	120	105	120	112	120	112	112

Os valores extremos observados, que são uns dos parâmetros mais importantes para o cálculo de estruturas de proteção costeira ou outras obras (piers, marinas) vêm representados na tabela 2.3 . A altura máxima (Hmax) variou ao longo dos anos entre 3,7 m e 4,1 m, com o maior valor ocorrendo no ano de 1983. A maior altura significativa variou entre 1,88 m e 2,26 m e o maior período médio entre 9,84 s e 12,24 s. As direções extremas variaram bastante ao

longo dos anos, com a direção mais ao norte 89° ocorrendo no ano de 1980 e a direção extrema mais ao sul 177° no ano de 1981.

Tabela 2.3 Valores extremos observados durante o período 1980-1983 (Fonte – Porto de Suape).

ANO	1980	1981	1982	1983
Hmax (m)	4,0	3,9	3,7	4,1
Hs (m)	2,17	2,26	2,12	1,88
Tz (s)	9,84	11,54	10,53	12,24
D° extremas	89-135	99-177	103-148	106-130

A largura espectral ( $e$ ), que é utilizada como um indicador do tipo de ondulações (*sea* ou *swell*), foi estudada por meio da relação de esbeltez da onda ( $H_o/L_o$ ), e utilizando os limites *sea* ( $H_o/L_o > 0,015$ ) e *swell* ( $H_o/L_o < 0,011$ ). Os resultados mostram que na região domina o tipo de ondas do tipo *sea* (Tabela 2.4), formadas por influência do campo de ventos locais, sobre o *swell*, que é uma onda formada a uma maior distância da costa. No entanto, observa-se que com o passar dos anos está aumentando o percentual de *swell*, fato que no nosso ponto de vista se apresenta um pouco raro comparado com outras regiões. Um fato interessante é que no ano de 1983 ocorreu o mais forte evento El Nino do século, e sob este fenômeno meteorológico é comum a intensificação dos ventos alísios de sudeste, logo o aumento do percentual de *swell* poderia apresentar relação com o fenômeno.

Tabela 2.4 – Percentual de ocorrência dos dois tipos de ondas (*Sea* e *Swell*) (Fonte – Porto de Suape).

ANO	1980	1981	1982	1983
<i>Sea</i> (%)	82,9	76,1	64,09	56,97
<i>Swell</i> (%)	17,1	23,9	35,91	43,03

#### 2.4.4.4 Características das Ondas na Zona de Arrebentação

O levantamento hidrodinâmico, nas estações estabelecidas, constou da obtenção dos dados da onda incidente, altura obtida visualmente, medindo-se a diferença em altura entre a crista e a cava da ondulação, em um determinado ponto da zona de arrebentação e o período, correspondente a 1/10 do tempo total decorrido para a passagem de onze cristas consecutivas

em um ponto fixo, assim como o ângulo de incidência das ondas pelo processo puramente visual, conforme será enfatizado no capítulo 3.

Os parâmetros hidrodinâmicos da área pesquisada, foram medidos na zona de arrebatamento, na preamar em pontos coincidentes com os perfis praias P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, e P<sub>7</sub> e as ondas foram, predominantemente, do tipo deslizante. Os valores obtidos, estão representados na tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Valores da altura das ondas nas estações estabelecidas.

Mês	Estação	H <sub>b</sub> (m)	T <sub>s</sub>	Praia
Maio /03	P <sub>2</sub>	1,12	8,5	Paiva
Outubro/03	P <sub>2</sub>	1,12	7,6	Paiva
Fevereiro/03	P <sub>3</sub>	0,83	7,0	Paiva
Maio/03	P <sub>3</sub>	1,19	8,5	Paiva
Maio/97	P <sub>5</sub>	0,98	8,8	Paiva
Junho/97	P <sub>5</sub>	1,25	9,8	Paiva
Julho/97	P <sub>5</sub>	0,89	8	Paiva
Agosto/97	P <sub>5</sub>	1,05	7,9	Paiva
Setembro/97	P <sub>5</sub>	1,28	10	Paiva
Outubro/97	P <sub>5</sub>	1,22	9,3	Paiva
Novembro/97	P <sub>5</sub>	1,23	8,9	Paiva
Dezembro/98	P <sub>5</sub>	1,09	13,7	Paiva
Janeiro/98	P <sub>5</sub>	1,13	8,1	Paiva
Fevereiro/98	P <sub>5</sub>	1,11	8,3	Paiva
Março/98	P <sub>5</sub>	1,11	8,8	Paiva
Abril/03	P <sub>5</sub>	1,12	7,5	Paiva
Agosto/97	P <sub>6</sub>	1,08	7,7	Paiva
Setembro/97	P <sub>6</sub>	1,21	9,5	Paiva
Outubro/97	P <sub>6</sub>	1,27	8,8	Paiva
Novembro/97	P <sub>6</sub>	1,04	7,4	Paiva
Dezembro/97	P <sub>6</sub>	1,2	8,9	Paiva
Janeiro/98	P <sub>6</sub>	1,14	7,8	Paiva
Fevereiro/98	P <sub>6</sub>	1,1	7,8	Paiva
Março/98	P <sub>3</sub>	1,14	7,4	Paiva
Abril/98	P <sub>6</sub>	1,13	7,3	Paiva
Agosto/02	P <sub>7</sub>	1,14	8,2	Ens. dos Corais
Fevereiro/03	P <sub>7</sub>	0,82	7,4	Ens. dos Corais
Maio/03	P <sub>7</sub>	1,20	7,5	Ens. dos Corais
Outubro/03	P <sub>7</sub>	1,17	6,8	Ens. dos Corais

#### 2.4.4.5 Considerações Parciais

Comparando a distribuição pluviométrica mensal dos anos de 2003 e 2004 com a de 1998 do Cabo de Santo Agostinho, observa-se que a diferença está na quantidade de chuvas excedentes, ocorridas em meses de verão, como janeiro e fevereiro de 2004, que ocasionaram

aumento no volume das águas do rio Jaboatão, enchentes e modificações no *spit* no extremo norte da área.

A movimentação costeira é dependente dos ventos e marés. Na maior parte do ano predominam os ventos alísios de E-SE, os quais exercem papel, extremamente importante nos processos dinâmicos costeiros porque geram o sistema de ondas que chegam à costa determinando a corrente de deriva litorânea que é decisiva na ação de progressiva do litoral.

As modificações nos influentes da dinâmica costeira, como marés ondas e correntes, podem ter sido em função do fenômeno *EL Niño*, que deve ter alterado a intensidade das precipitações e dos ventos.

Os valores da altura (H) das ondas, na zona de arrebentação, para as estações de medidas, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, e P<sub>7</sub> mostram que as variações não são muito relevantes. Estes valores estão compatíveis aos encontrados no litoral de Pernambuco, conforme mostra a tabela 3.6 abaixo. As maiores alturas medidas ocorrem nos meses de junho, e de setembro a novembro, não caracterizando, desta forma, uma sazonalidade.

Os períodos medidos variam de 6,8 s a 13,7 s, ocorrendo, contudo, maior concentração dos resultados entre 7 s e 8 s, enquanto que as alturas de ondas apresentaram valores extremos entre 0,81 m e 1,27 m, havendo predominância das alturas das mesmas no intervalo compreendido entre 1 m e 1,2 m (Figuras 2.6 e 2.7).

Tabela 2.6 Comparação dos resultados obtidos de altura, período e direção de onda com outros do litoral de Pernambuco.

<b>Projeto</b>	<b>H<sub>(m)</sub></b>	<b>T<sub>(s)</sub></b>	<b>Direção</b>	<b>Obs.</b>
Suape	0,85-1,0	6,5	E-SE	Porto de Suape
Domingues (1992)	1,0-1,5	5-7	E-SE	
Suhayda(1977)	0,40	7,5	E-SE	Litoral Norte-PE
Boa Viagem	0,6-0,8	6-8	E-SE	
Paulista	0,5-0,9	5-9	E-SE	
Madruga Filho (1997)	0,89-1,27	7,4-10	E-SE	Praia do Paiva
Madruga Filho (1998)	1,1-1,14	7,3-13,7	E-SE	Praia do Paiva
Madruga Filho (2002)	1,14	8,2	E-SE	Praia de Enseada dos Corais
Madruga Filho (2003)	0,82-1,20	6,8-7,5	E-SE	Praia de Enseada dos Corais
Madruga Filho (2003)	0,83-1,19	7,0-8,5	E-SE	Praia do Paiva

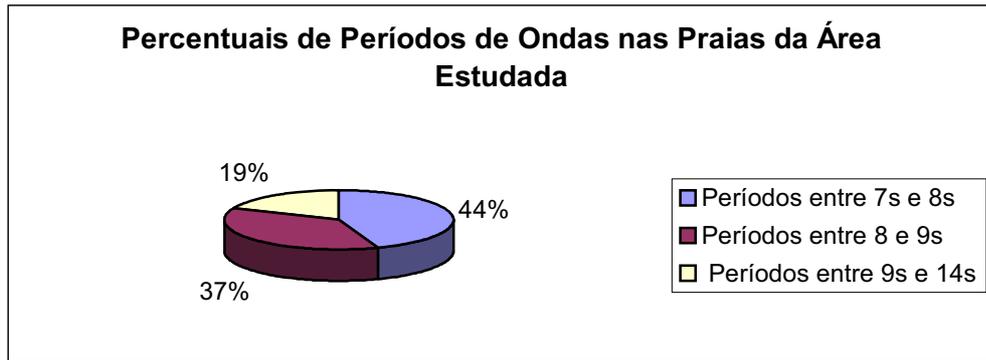


Figura 2.6 Representação dos percentuais de períodos de ondas na área estudada.

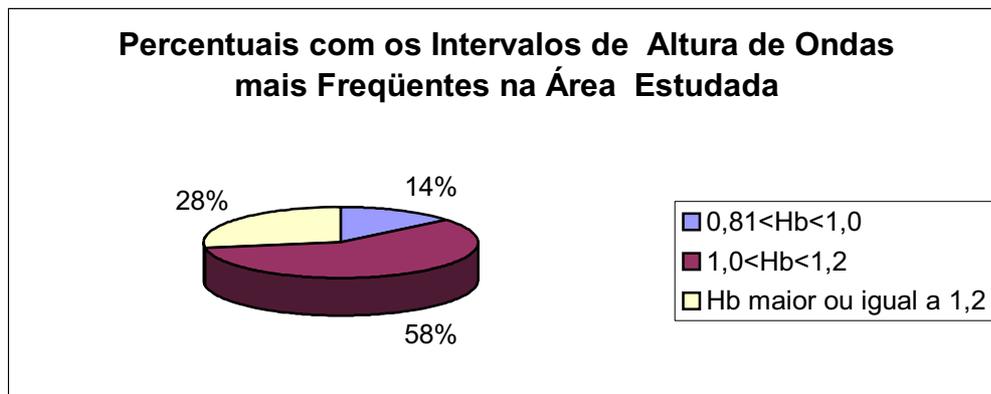


Figura 2.7 Representação dos percentuais de alturas de ondas, em metros, na área estudada.

# **CAPÍTULO 3**

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

## CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Amostragem Sedimentológica

As amostras foram coletadas no estirâncio em toda a extensão da área, nos locais dos perfis praias (estações de coleta), e ainda, utilizados os dados de Madruga Filho (1999), referentes à praia do Paiva nos setores de pós-praia, estirâncio e antepraia para melhor estudar o comportamento da praia e melhor caracterizar o ambiente. As coletas das amostras da pós-praia e da praia foram feitas em profundidade em torno de 5 cm (sedimento superficial), com o objetivo de não contaminá-las por agentes antropogênicos e manter o mais próximo possível as condições ambientais no ato da coleta; as da antepraia a mais ou menos 1m de profundidade da superfície da água.

No trabalho de levantamento sedimentológico da plataforma continental interna adjacente utilizou-se um barco de pequeno porte, de nome Bejupira, com 9 m de comprimento por 3 m de largura, motor XT – 0161 YANMAR / 33HP, de inscrição 201006733-9. O barco apresentava uma velocidade média de 12 km/h, sendo de propriedade particular, contratado pela Prefeitura do Cabo de Santo Agostinho, e cedido gentilmente, para realização da coleta das amostras e levantamento batimétrico (Fotos 3.1 e 3.2).

Foram realizados onze perfis, nomeados neste trabalho de P<sub>1</sub> até P<sub>11</sub>, aproximadamente perpendiculares à linha de costa e distando cerca de 1,5 km um do outro. Na maioria dos mesmos atingiu-se isóbatas entre 10 m e 15 m por ser a plataforma interna da área estudada, em geral de declive suave. (Figura 3.1).

Foram coletadas 75 amostras e a amostragem realizou-se com auxílio de um amostrador pontual de superfície do tipo VanVeen com capacidade para 5 l

As amostras, logo após a coleta, foram embaladas em sacos plásticos e etiquetadas. Os pontos de amostragem foram georeferenciados através do Sistema de Posicionamento Global – GPS, utilizando-se para tal, o equipamento modelo Garmin 12.

### 3.2 Levantamento Radiométrico

O instrumento utilizado para o levantamento radiométrico foi o cintilômetro SRAT, modelo SPP-2 – NF, com capacidade para medir até 15.000 cps. Com o mesmo foi realizado um perfil longitudinal, entre as Praias de Gaibu e do Paiva até o Estuário do Rio Jaboatão e com auxílio de um receptor GPS - 12, marca Garmin e do programa GPS (Global Positioning System) Trackmaker para Windows NT/95/98/ME versão 11.7, *free ware*, que permite a comunicação bidirecional de dados entre o GPS e o computador, foi feito o registro das

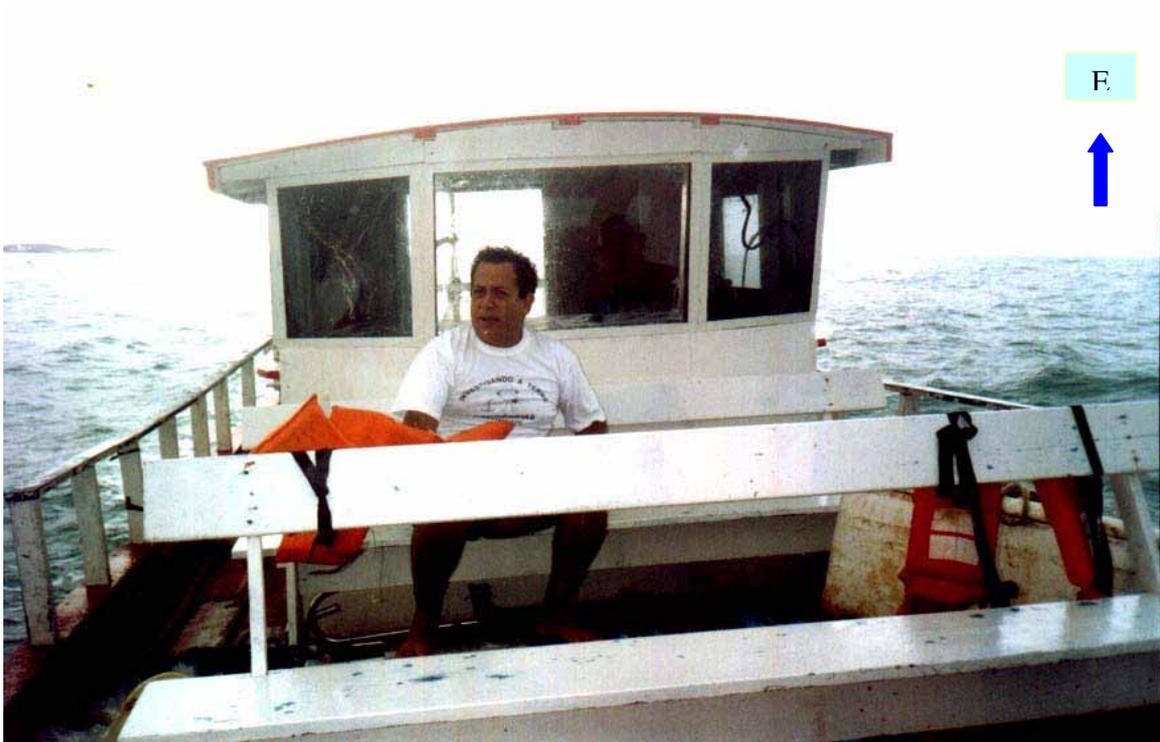


Foto 3.1 – Embarcação utilizada nos trabalhos realizados na plataforma continental interna adjacente entre as praias do Paiva e Gaibu no município do Cabo de Santo Agostinho.



Foto 3.2 – Praia de Suape – PE, local de embarque para realização dos trabalhos na plataforma continental interna adjacente na área estudada.

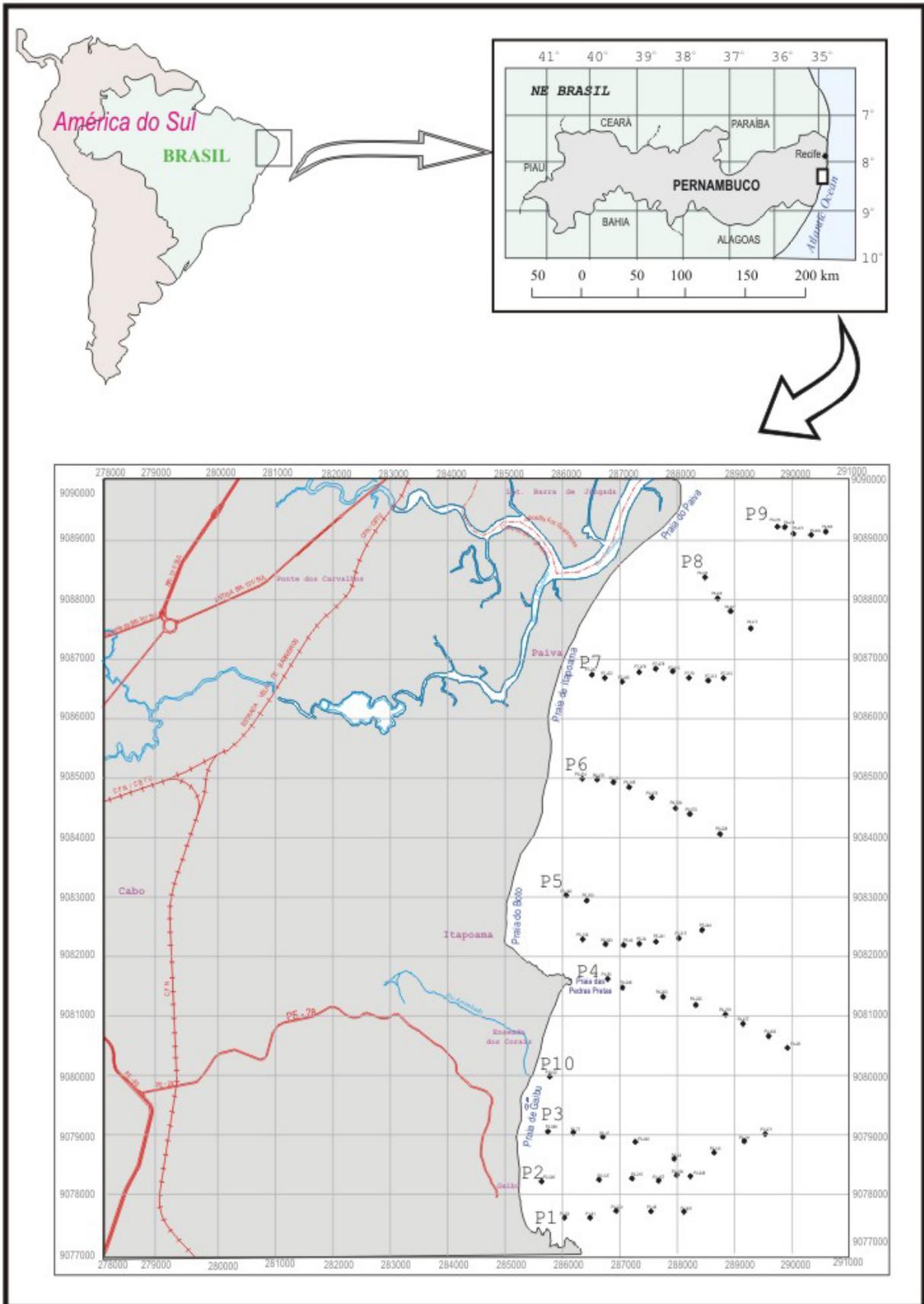


Figura 3.1 Mapa de localização dos perfis e pontos amostrados.

variações radiométricas nas praias da área estudada. As leituras com o cintilômetro foram realizadas, quando possível, na interface entre a faixa de praia (estirâncio) e a pós – praia por se ter verificado que as medidas aferidas neste setor eram sempre superiores, quando comparadas com outros. O número de dados obtidos foram de 80 leituras, dividido em duas etapas de campo, nos dias 7 e 8 de maio de 2003.

### **3.3 Levantamento Morfológico**

Com o apoio dos componentes do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM/DEMI – UFPE), foram realizados nivelamentos topográficos nos meses de agosto, outubro, e dezembro de 2002, como também fevereiro e maio de 2003. Neste nivelamento utilizou-se o Nível Topográfico Zeiss Ni 50, com mira topográfica auxiliada por miras verticais, posicionadas nos pontos de inflexão dos setores de praia (pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia). Esses nivelamentos foram feitos sistematicamente, antes de cada maré de sizígia, na baixa mar, em cada um dos perfis, com o propósito de realizar um monitoramento na referida praia. Ao longo do litoral da área, entre o estuário do rio Jaboatão e a praia de Gaibu, foram escolhidos 9 perfis para realização de 24 nivelamentos topográficos nas marés de sizígia, como também utilizados dados obtidos por Madruga Filho (1999) e Lira *et al.* (2002) com o propósito de melhor estudar o comportamento da praia, e ao mesmo tempo, comparar os perfis (P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub> e P<sub>6</sub>) com os de Madruga Filho (1999), de mesmas coordenadas. Os perfis praias foram posicionados em locais estratégicos, em função das características gerais da praia, como, entre outras, áreas de erosão ou sedimentação e ocorrências de recifes. Com o propósito de abranger o máximo possível da face praias, considerou-se sempre a maior distância possível mar adentro, indo desde a pós-praia até a zona de arrebentação, procurando-se, sempre que possível, acompanhar as inflexões do terreno.

O nivelamento foi realizado medindo-se a diferença da altura entre o nível e a superfície do terreno ao longo do perfil, e em seguida determinou-se às cotas absolutas dos pontos dos perfis (Figura 3.2).

### **3.4 Levantamento Hidrodinâmico**

Com o objetivo de determinar os parâmetros hidrodinâmicos, como período (s), altura (m) e tipo das ondas na zona de arrebentação, seu ângulo de incidência, velocidade (m/s), e direção das correntes, foram selecionados pontos de observação equivalentes aos perfis morfodinâmicos P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>7</sub>, localizados nas praias do Paiva e Enseada dos Corais,

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

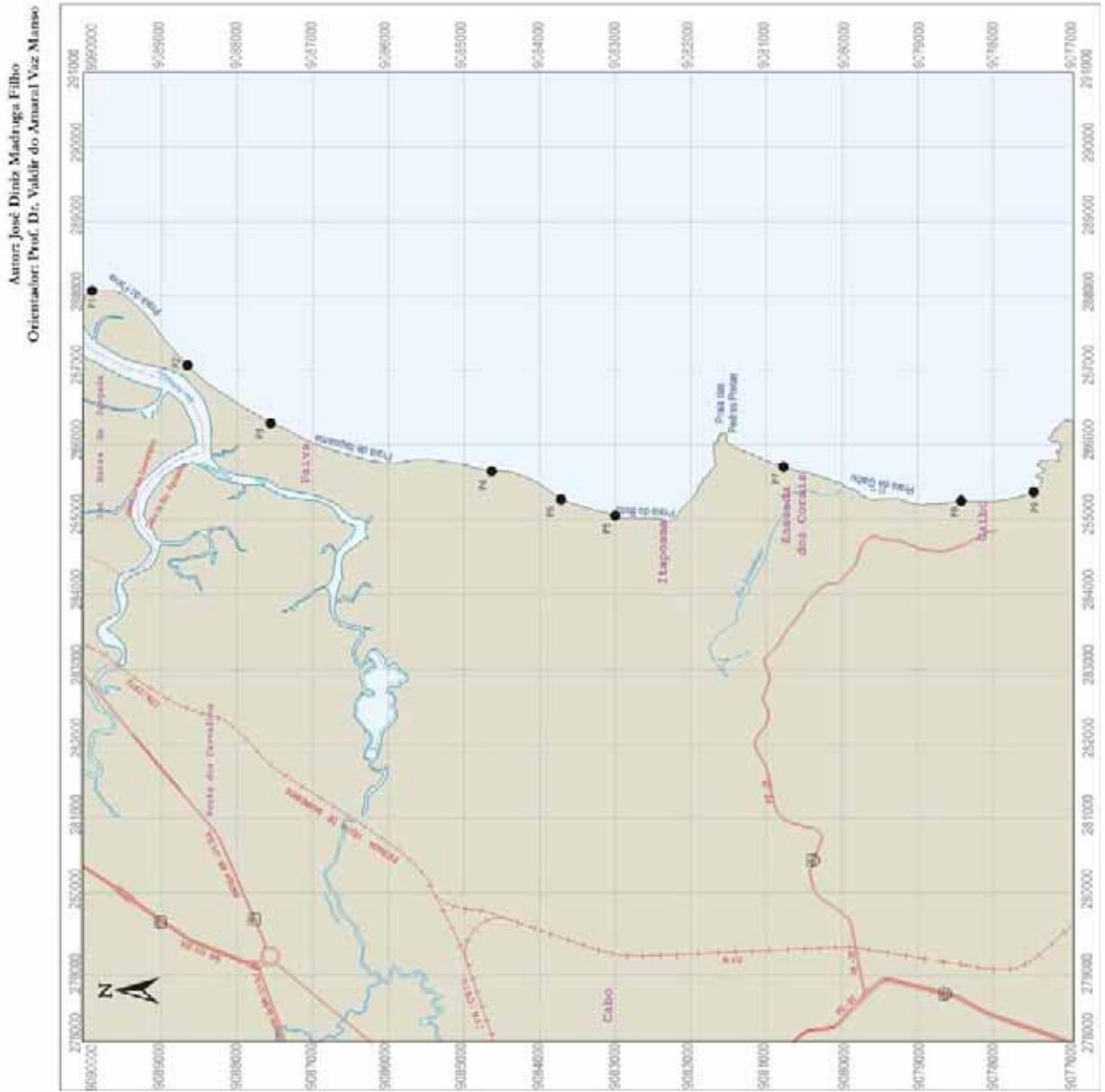


Figura 3.2. Mapa de localização dos perfis praias

respectivamente. Também foram utilizados os dados de Madruga Filho (1999) da praia do Paiva, dos perfis  $P_2$  e  $P_3$ , que neste trabalho passarão a ser chamados de  $P_5$  e  $P_6$ , com o propósito de diagnosticar, ou não, alguma mudança nos parâmetros hidrodinâmicos. Para obtenção da altura das ondas (diferença vertical entre a crista e a cava da ondulação, medidas na zona de arrebenção) foi utilizada uma mira posicionada verticalmente na zona de espraiamento médio, localizada no estirâncio inferior. Procurando-se alinhar a crista das ondas com a linha do horizonte, determinou-se a sua altura. Através da medição de dez ondas consecutivas, obteve-se a altura média.

O tempo decorrido pela passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um mesmo ponto fixo é denominado de período das ondas. Observou-se a passagem de 11 ondas consecutivas, na determinação do período médio, medindo-se 10 períodos entre as mesmas com um cronômetro e tirando-se a média em seguida.

O ângulo de incidência, formado pelo trem de ondas e a linha de costa, foi medido com uma bússola.

Concluindo, para determinação da velocidade e direção das correntes utilizou-se um flutuador que foi lançado após a zona de arrebenção. Com duas balizas, distando dez metros uma da outra, e ainda um cronômetro, obteve-se a velocidade.

### **3.5 Levantamento da Linha de Costa**

No estudo da evolução da linha de costa em médio prazo, foi feita a comparação da linha de costa do ano 1972 (Folhas da Sudene SC.25-V-A-III-3-NO, Cabo de Santo Agostinho e SC.25-V-A-III-3/1-SO, Ponte dos Carvalhos), com a de dezembro de 2002, para a identificação e delimitação de trechos de recuo e avanço da linha de costa. O traçado da linha de costa de 2002 foi obtido usando um GPS GARMIM 12. Os dados obtidos dos satélites foram transferidos para o computador como Waypoints através do programa GPS TrackMaker. O referido programa permite a comunicação bidirecional de dados entre o GPS e o computador, além de possibilitar a edição dos dados e o armazenamento em disco. Dentro desta linha de estudo, usou-se ainda, fotografias aéreas da FIDEM, que tiveram extrema importância na identificação de obstáculos ao transporte de sedimentos e na delimitação dos setores.

Em curto prazo, para avaliar se a praia encontrava-se em equilíbrio, utilizou-se a metodologia de monitoramento, através de nivelamento topográfico. O propósito deste nivelamento foi caracterizar a morfologia do perfil praiial. Com a confecção destes perfis obteve-se conhecimentos detalhados sobre os fatores que controlam a morfologia praiial. Para

realização do monitoramento adotou-se a metodologia de Emery (1961). No cálculo dos volumes de remanejamento entre os diferentes levantamentos, foram feitas simulações. Os resultados foram expressos em metro cúbico por metro linear ( $m^3/m$ ).

### 3.6 Análises de Laboratório

A morfoscopia (esfericidade e arredondamento) dos sedimentos arenosos da zona praial foi determinada através de lupa binocular, devidamente calibrada, e comparada com a tabela proposta por Krumbein & Sloiss (1963 apud Suguio, 1973). A textura superficial dos grãos de quartzo foi estudada segundo os critérios de Cailleux & Tricart (1969). Foram escolhidos os meses de junho/97 e julho/97, característicos de inverno, e o início e final de janeiro/98, caracterizando o verão, nos perfis P<sub>4</sub> e P<sub>6</sub>.

Já a morfoscopia realizada nos sedimentos da plataforma interna da área estudada foi feita, coletando-se três amostras nos onze perfis, nas profundidades de 5 m, 10 m e 15 m. O critério de seleção levou em conta a homogeneidade da distribuição, procurando abranger toda a área estudada, assim como uma possível identificação de regiões com características especiais, como o predomínio de cascalho biodetrítico ou a presença de lama. Essa opção buscou caracterizar as diferenças na deposição sedimentar dentro da área estudada.

As análises granulométricas dos sedimentos da plataforma continental interna adjacente, como também das praias, foram obtidas utilizando os procedimentos seguidos pelo LGGM e fundamentadas na metodologia de Suguio (1973). Primeiramente o material foi seco ao ar e depois colocado na estufa para secagem a uma temperatura de 60°C. Prosseguindo fez-se um peneiramento úmido para separação da fração lamosa e eliminação dos sais solúveis de 100g do material. Posteriormente, o material foi levado, novamente, à estufa, à mesma temperatura já referida para secagem e esterilização. Com um conjunto de peneiras, variando entre -1,0 a 4,0  $\phi$  (com intervalo de 1,0  $\phi$ ), foi feito o peneiramento seco em um *rot up*. Por fim, através de uma balança de precisão pesou-se as diversas frações para o tratamento dos dados no computador.

Para a determinação do teor Carbonato fez-se o tratamento da amostra com ácido clorídrico, diluído a 25 % e aquecido, com o propósito de aumentar o poder de corrosão, sendo pesados previamente 2 g da amostra. Após esse tratamento, a amostra foi lavada inúmeras vezes com água destilada, para tirar o excesso de ácido e logo após, levada à estufa para a secagem, sendo, após esta etapa, novamente pesada. Depois de todo esse processo, se determinou o percentual do teor de carbonato aproximado. Os parâmetros calculados para se obter esse percentual foram:

Fórmula para se calcular os teores de Carbonato de cálcio

Nomenclatura	Fórmula utilizada
Peso Inicial da amostra = PIA	$(PIA - PPT) \times 100$
Peso pós-tratamento = PPT	PIA

### 3.7 Tratamento dos Dados

Com os dados obtidos em campo, como foi dito no item 3.3, foram calculadas as cotas absolutas dos pontos dos perfis. Os perfis foram graficamente representados em diversas combinações, dois a dois ou em grupo, de acordo com o que se desejasse apresentar. Também foram feitos os cálculos dos volumes remanejados, entre os diferentes levantamentos, sendo expressos em metro cúbico por metro linear ( $m^3/m$ ).

Através dos resultados da análise granulométrica, foram confeccionadas curvas de freqüências simples e acumuladas que fornecem uma boa visualização das distribuições granulométricas dos sedimentos. Os diversos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957), (média, desvio-padrão, curtose, e assimetria), além da classificação das amostras, foram definidos através do Programa de Análise Granulométrica Completa – PANCOM (Toldo Jr. & Dorneles, 1991), versão free ware, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As fórmulas e limites dos parâmetros estatísticos são apresentados na tabela 2.1.

Com o propósito de obter uma melhor visualização dos resultados das análises granulométricas foram construídos histogramas de freqüência simples. Os histogramas foram confeccionados a partir de planilhas que associam os valores percentuais de freqüência simples do peso do material com os respectivos valores granulométricos.

Foram confeccionados histogramas das 60 amostras mais representativas, coletadas na plataforma interna adjacente. Os histogramas estão apresentados em anexo.

### 3.8 Levantamento Batimétrico

O levantamento batimétrico teve como finalidade mostrar, com precisão, a configuração superficial do fundo, cobrindo a plataforma interna adjacente entre as praias do Paiva e Gaibu e vizinhanças, além da definição das margens e contornos no processamento de dados batimétricos digitais. Para melhores resultados, foram usados, ainda, alguns valores batimétricos adquiridos da carta Náutica da DHN número 930 - Proximidades do Porto do Recife - a qual serviu de referência para a redução do seu nível zero.

O equipamento utilizado na batimetria foi a Vídeo sonda colorida Furuno Modelo GP-1650F (Furuno Eletric Co.), tela LCD colorida a prova d'água de 5,6", de 2 portas de dados NMEA e com comunicação com PC. Os dados da sonda foram adquiridos em tempo real, com intervalos de 2 segundos, gerando as posições (sistema geográfico) e as profundidades (metros) e registrados através de um notebook conectado a sonda. Esses dados em seguida foram tratados em gabinete compondo assim o mapa batimétrico da região.

Tabela 3.1 - Fórmulas e limites de parâmetros estatísticos, na qual  $Mz(\phi)$  é o diâmetro médio,  $\sigma$  o desvio padrão,  $Sk_i$  o grau de assimetria e  $K_G$  a curtose (Carranza – Edwards, 1986, modificado de Folk & Ward 1957).

<b>Fórmulas</b>	<b>Limites</b>
$Mz(\phi) = (\phi_{16} + \phi_{84})/3$	Areia muito grossa: $-1,0\phi$ a $0,0\phi$ Areia grossa: $0,0\phi$ a $1,0\phi$ Areia média: $1,0\phi$ a $2,0\phi$ Areia fina: $2,0\phi$ a $3,0\phi$ Areia muito fina: $3,0$ a $4,0$
$\sigma = \{(\phi_{84} - \phi_{16}) / 4 + (\phi_{95} - \phi_5) / 6,6\}$	$\sigma < 0,35$ – muito bem selecionada $0,35 < \sigma < 0,50$ – bem selecionada $0,50 < \sigma < 0,71$ - moderadamente bem selecionada $0,50 < \sigma < 1,00$ – moderadamente selecionada $1,00 < \sigma < 2,00$ – mal selecionada $2,00 < \sigma < 4,00$ – muito mal selecionada $\sigma > 4,00$ – extremamente mal selecionada
$Sk_i = \{(\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50})/2 \cdot \phi_{84} - \phi_{16}\} + \{(\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50})/2 \cdot (\phi_{95} - \phi_5)\}$	$-1,00 < Sk_i < -0,30$ – muito assimétrica para grossos $-0,30 < Sk_i < -0,10$ – assimétrica para grossos $-0,10 < Sk_i < 0,10$ – simétrica $0,10 < Sk_i < 0,30$ – assimétrica para finos $Sk_i > 0,3$ – muito assimétrica para finos
$K_G = \{(\phi_{95} - \phi_5) / 2,44 \cdot (\phi_{75} - \phi_{0,25})\}$	$K_G < 0,67$ – muito platicúrtica $0,67 < K_G < 0,90$ - platicúrtica $0,90 < K_G < 1,11$ – mesocúrtica $1,11 < K_G < 1,50$ – leptocúrtica $1,50 < K_G < 3,00$ – muito leptocúrtica $K_G > 3,00$ – extremamente leptocúrtica

**CAPÍTULO 4**  
**CONTEXTO GEOLÓGICO E**  
**GEOMORFOLÓGICO REGIONAL**

## CAPÍTULO 4 – CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

A área estudada localiza-se na Bacia Pernambuco (Lima Filho, 1998), que corresponde à bacia sedimentar marginal localizada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Maragogi-Barreiros (Figura 4.1). A referida Bacia perfaz uma área de 900 km<sup>2</sup> e anteriormente foi considerada por Rand (1976) como sub-bacia (Sub-bacia do Cabo) da então Bacia Pernambuco-Paraíba, que engloba várias sub-bacias ao norte e ao sul do Lineamento Pernambuco.

A Bacia Pernambuco ocupa toda a faixa costeira sul desse Estado e possui uma forma alongada na direção N40E, numa extensão de 80 km, sendo 12 km na porção emersa. A bacia limita-se ao sul pelo Alto de Maragogi (divisa dos Estados de Pernambuco e Alagoas), ao norte, pelo Lineamento Pernambuco (nas proximidades da cidade do Recife), e a oeste, através de falhas normais com o Maciço Pernambuco/Alagoas. O referido maciço é formado por granitos, gnaisses e migmatitos de idade pré-cambriana que, por discordância, são subjacentes aos sedimentos que preenchem esta bacia.

Por sua vez, Lima Filho (1998) subdividiu a Bacia Pernambuco em duas sub-bacias, com bases em dados geofísicos, sedimentológicos e estruturais: Sub-Bacia Norte, confinada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto estrutural do Cabo de Santo Agostinho; e Sub-Bacia Sul, desde o Alto de Santo Agostinho até o Alto Barreiros–Maragogi (Figura 4.1).

Geotectonicamente, a Bacia Pernambuco é marginal do tipo atlântica e está inserida na Província Borborema (Almeida *et al*, 1977), estando limitada pelo Maciço Pernambuco/Alagoas ao oeste e ao sul, e ao norte, segundo Lima Filho (1998), faz limite com a Bacia Paraíba (Figura 4.1).

### 4.1 O Embasamento Cristalino

Na Bacia Pernambuco, os sedimentos acumulados têm como embasamento antigas rochas pertencentes ao Maciço Pernambuco – Alagoas, que segundo Neves (1975), é considerado um dos maciços medianos do nordeste brasileiro.

No que se refere à forma, este maciço é triangular, sendo formado por rochas que apresentam, geralmente, um grau de metamorfismo variando de médio a alto, sendo freqüente a ocorrência de migmatitos e, a eles associados, a formação, local ou regional, de rochas graníticas. A denominação de complexo granítico foi dada por Dantas (1970) para designar o conjunto de rochas graníticas e granodioríticas que ocorrem em várias localidades da Folha Recife. Estudos geocronológicos, através de datações radiométricas nos corpos graníticos ao

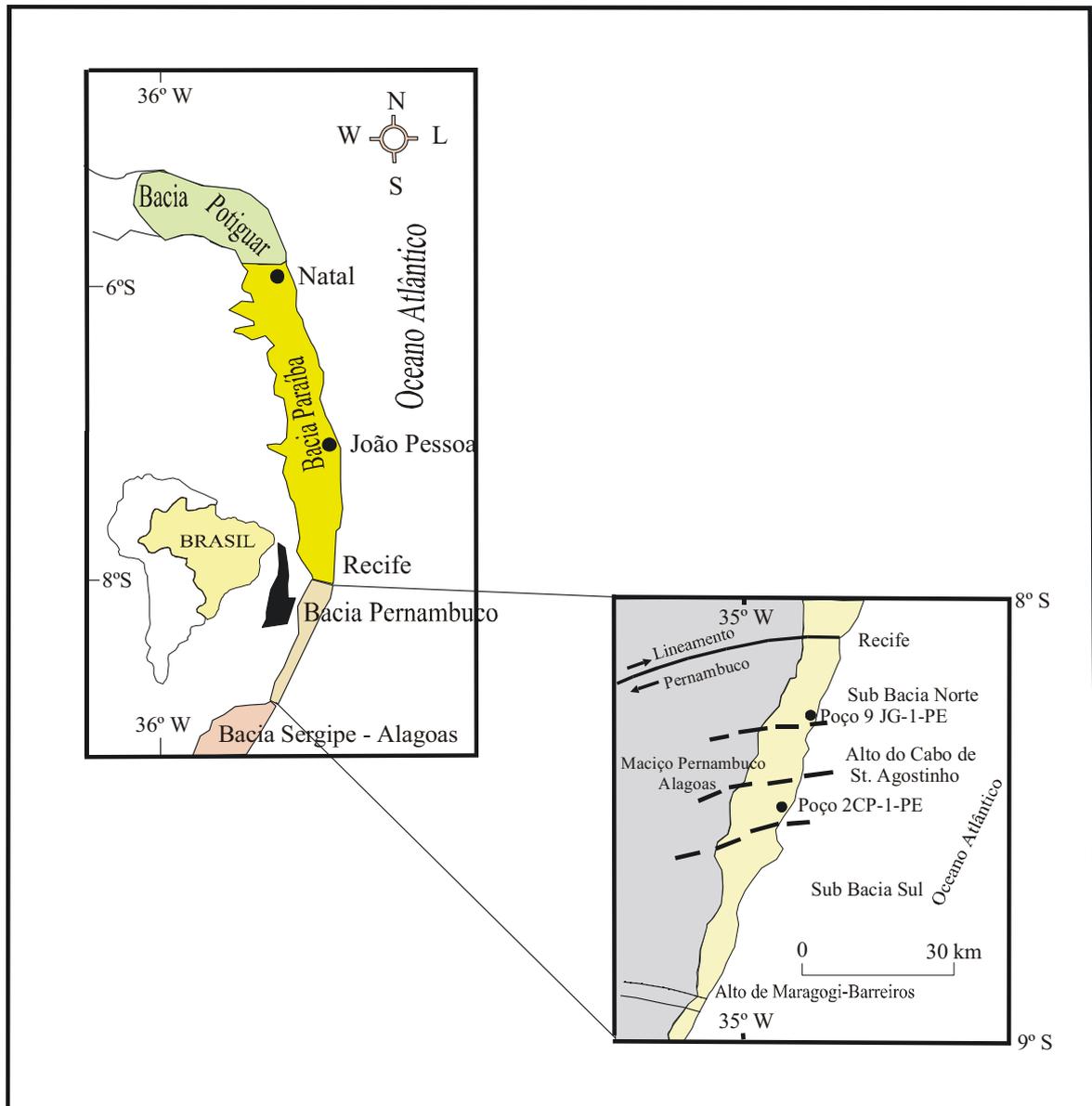


Figura 4.1 – Mapa de localização e subdivisão da Bacia Pernambuco (Lima Filho, 1998).

Sul de Ipojuca – PE (SUDENE, 1978), apresentaram idades entre 550-650 Ma, ou seja, Ciclo Brasileiro.

As rochas cristalinas Precambrianas são granodioritos, granitos e migmatitos. Os granodioritos, do ponto de vista macroscópico, apresentam-se com estrutura isotrópica, granulometria fina. Os granitos mostram-se em sua maioria grossos sendo, em geral, cortados por veios pegmatíticos segundo as linhas de rupturas.

Migmatitos de diversos tipos são identificados e classificados de acordo com as texturas e estruturas características. Ocorrem como rochas leucocráticas de granulação grossa, orientados ou isotrópicos, onde se sobressaem pórfiros de microclina. Essa litologia é truncada comumente por veios irregulares (Borba, 1975).

## **4.2 Estratigrafia da Bacia Pernambuco**

A Faixa Costeira de Pernambuco foi subdividida por Dantas (1980) em duas: Faixa Vulcano Sedimentar Sul de Pernambuco (Cretáceo inferior–Cretáceo superior), incluída no Grupo Pernambuco; e a Faixa Sedimentar Norte de Pernambuco (Cretáceo superior–Paleoceno), fazendo parte do Grupo Paraíba. As diversas colunas estratigráficas são mostradas na Figura 4.2, e a carta estratigráfica preliminar da Bacia Pernambuco, na figura 4.3.

### **4.2.1 Grupo Pernambuco**

#### **4.2.1.1 Formação Cabo**

Foi referida pela primeira vez como unidade estratigráfica por Cobra (1960), que aludiu ao pacote clástico de formação complexa constituído pelas fácies brechóide, conglomerática e arcoseana, sendo o conglomerado polimítico e com gradação para fácies arcoseana em direção ao litoral.

Segundo Alheiros (1987), através de caracterização sedimentológica feita, a Formação Cabo seria composta por conglomerados polimíticos arcóseos e siltitos.

Nóbrega (1995), através de análises macroscópicas e microscópicas de testemunhos de sondagens de um poço, reconheceu três fácies sedimentares para Formação Cabo.

A primeira, denominada fácies M, é representada por arenitos variando de muito grossos conglomeráticos a médios-muito finos, foram subdivididos em quatro sub-fácies: Conglomerados ( $M_1$ ), arenitos arcoseanos ( $M_2$ ), arenitos grossos a médios a muito finos ( $M_3$ ) e arenitos grossos a médios com estratificações ( $M_4$ ).

Autores		Kegel 1959	Cobra 1960	Amaral & Menor 1979	Dantas 1980	Feijó 1994	Lima Filho 1998
Idade							
Quaternário	Superior	Formação Barreira	Série das Barreiras	Formação Barreiras	Formação Barreiras	Formação Barreiras	Formação Barreira
	Inferior	Infra-Barreiras	Arcóseos - Pós Vulcânicos				Unidade Tiriri
Terciário		Vulcânicas	Ígneas Ácidas Rochas Básicas			Fm Calumbi	Vulcanismo Ácido Tabira
							Formação Algodoads
Cretáceo	Superior		Fm Cabo Arcóseo				
	Inferior	Conglomerado do Cabo	Conglomerado	Formação Ipojuca Formação Estiva	Formação Ipojuca Formação Estiva	Formação Ipojuca	Formação Estiva
Pré-Cambriano		Embasamento	Embasamento	Embasamento	Embasamento	Embasamento	Maciço PE/AI
			Calcário Gameleira	Formação Cabo	Grupo Pernambuco Formação Cabo	Formação Estiva Formação Cabo	Suite Vulcânica de Ipojuca Formação Cabo Parte Superior Parte Inferior

Figura 4.2 - Diversas proposições para a estratigrafia da Bacia Pernambuco (LIMA FILHO, 1998).



A segunda fácies, D, é representada por depósitos terminais dos leques, sedimentados próximo às margens do lago, sendo subdivididos em ritmitos ( $D_1$ ) e ritmitos areno-pelíticos ( $D_2$ ) com bioturbação.

Por fim, a fácies L, que representa sedimentação anóxica em lago formado em regiões baixas, compostas por folhelhos de coloração cinza escuro ou negra.

#### 4.2.1.2 Suíte Ipojuca

A designação de Suíte Ipojuca foi proposta por Lima Filho (1998) referindo-se aos riolitos, traquitos, basaltos e o granito do Cabo de Santo Agostinho. Nela também foram incluídos os depósitos piroclásticos, os ignimbritos e os fluxos piroclásticos. Amaral & Menor (1979) propuseram o termo Formação Ipojuca para designar um conjunto de rochas plutônicas (granito e dioritos) e vulcânicas (traquitos, basaltos, andesitos, riolitos, tufos, brechas e aglomerados vulcânicos) que afloram, de forma irregular, na faixa costeira sul do Estado de Pernambuco. Segundo Borba (1975), estas rochas mostram-se com formas variadas, podendo ocorrer como derrames, diques, chaminés, intrusões subvulcânicas (*sill* e *lacólito*, *plugs* e *stocks*).

Nas rochas ígneas da região do Cabo de Santo Agostinho foram realizadas, por Vandomos *et al.* (1966), as primeiras datações radiométricas (métodos K/Ar e Rb/Sr) em basaltos, riolitos, traquitos e quartzo-pórfiros, estimando para estas rochas uma idade entre 85 Ma e 100 Ma. Posteriormente, Vandomos & Valarelli (1976) reavaliaram as datações, obtendo uma idade entre 90 Ma a 114 Ma. Gava *et al.* (1983) utilizando esses mesmos dados, determinaram uma idade de  $102,9 \pm 1,4$  Ma. Já Long *et al.* (1986) determinaram, utilizando o método Rb/Sr, uma idade de  $104,8 \pm 1,8$  Ma para o granito do Cabo.

#### 4.2.1.3 Formação Estiva

Essa denominação foi proposta pela primeira vez por Oliveira & Leonardos (1943). Moraes (1928) fez as primeiras referências para designar os calcários desta formação, descobertos em dois afloramentos ao sul da praia de Tamandaré-PE, na localidade conhecida por Estiva. Vários autores vêm estudando esta formação; entre eles podemos ressaltar: Moraes (1928), Oliveira & Leonardos (1943), Cobra (1960), Maciel (1968), Mello & Siqueira (1972) e Muniz & Almeida (1988).

Cobra (1960) descreve que ocorre no Engenho Gameleira (Município de Ipojuca-PE), um calcário maciço, fossilífero, intercalado por camadas argilosas. Os calcários aflorantes e subaflorantes, presentes na Bacia do Cabo, têm sido comumente tratados, nos trabalhos mais

recentes, como sendo correlatos, sendo agrupados na chamada Formação Estiva. Trata-se de um calcário dolomítico de cor cinza, de aspecto maciço, por vezes com intercalações argilosas fossilíferas (macrofósseis e microfósseis marinhos mal preservados).

Os fósseis de invertebrados descobertos nos calcários da Formação Estiva foram citados por Maury (1930), Beurlen (1964), Beurlen & Cobra (1960) e Muniz & Almeida (1988). Estes compreendem espécimes de gastrópodes e bivalves.

Com base nos dados paleontológicos, diferentes idades foram sugeridas para este litótipo, desde terciária (Moraes, 1928), passando por turoniana (Maury, 1930); albiana (Beurlen & Cobra, 1960), turoniana ou emscheriana (Muniz & Almeida, 1988).

Muniz & Almeida (*op. cit*) consideraram que, por não ter apresentado vestígio ou indício de forma cilíndrica ou cilíndrica-cônica, o fóssil *Lopha ramicola* encontrado no calcário do Engenho Gameleira (praia de Porto de Galinhas), teria vivido em ambiente de mangue porque se fixaria nos ramos da vegetação.

#### **4.2.1.4 Formação Algodois**

No arco anterior da enseada do Paiva, em Barra de Jangadas, uma seqüência de escarpas voltadas para o mar de forma e cor “estranhas” (barreiras de São Gonçalo do Paiva), foi destacada por Vital Oliveira, um navegador, no ano de 1864. A diferença na sedimentação pré-Barreiras na região do Cabo, a partir daí, vem sendo observada por outros autores.

Os sedimentos Barreiras, ao sul do Recife, principalmente próximos ao Cabo de Santo Agostinho, na parte inferior, apresentam maior quantidade de argila (caulim), que os diferenciam dos arenitos vermelhos com pequenos seixos de quartzo, pouco consolidados, da parte superior (Kegel, 1959). Sugeriu, então, este autor, chamar a parte superior da unidade de Formação Barreiras, e a inferior de “Infra-Barreiras”. Estes sedimentos “Infra-Barreiras”, foram denominados de arcóseos pós-vulcânicos por Cobra (1960).

Lima Filho *et al.* (1993) elevaram o Membro Algodois à categoria de Formação, não tendo nenhuma relação com a Formação Cabo, e distinguiram três fácies na Formação Algodois: leque aluvial pós-vulcânico, mediano pós-vulcânico e leque aluvial distal. Estes autores posicionaram essa formação no Coniaciano, sobreposta ao vulcanismo Ipojuca.

#### **4.2.1.5 Formação Barreiras**

O termo Barreiras foi introduzido por Branner (1902) para definir as camadas variegadas que afloram nas diversas barreiras ao longo da costa. Moraes (1928) afirmou que as rochas terciárias da costa do Estado de Pernambuco apresentavam larguras variadas. Ao

norte do Recife estas variavam de 12 km a 40 km, enquanto que ao sul desta cidade, nunca excediam a 14 km. Este autor referiu-se a estes sedimentos como “Formação Barreiras”, cuja idade julgou ser pliocênica. Oliveira & Leonardos (1943) admitiram um termo mais amplo, Série Barreiras, para caracterizar morfologicamente os tabuleiros.

Bigarela & Andrade (1964), em perfis realizados nos arredores do Recife, subdividiram a seqüência areno-argilosa em duas formações distintas: Formação Guararapes (inferior) e Formação Riacho Morno (superior), e a elevaram à categoria de Grupo. Mabesoone *et al.* (1972) redefiniram o Grupo Barreiras introduzindo a Formação Serra dos Martins na base da coluna. Sendo assim, consideraram a existência de três unidades litoestratigráficas distintas, cada qual possuindo, também, uma capa de intemperismo típica (unidades edafoestratigráficas). Dessa forma, Mabesoone *et al.* (1972) definiram a Formação Serra dos Martins como estando relacionada ao intemperismo laterítico, a Formação Guararapes ao intemperismo Riacho Morno, e a Formação Macaíba ao intemperismo Potengi.

Mabesoone, em 1987, retoma a denominação de Formação Barreiras, enfatizando que a sua litologia (predominantemente arenosa) mostra características distintas dependendo de sua área de ocorrência. Também a inexistência dessa formação entre a cidade do Cabo-PE e a região de Tamandaré-PE, foi abordada por este autor.

Lima Filho *et al.* (1991), através do trabalho de Medeiros (1991), identificaram algumas ocorrências desta formação no trecho mencionado por Mabesoone (1987). Estes autores afirmam que esta formação é constituída por arenito conglomerático com seixos de quartzo, intercalações de blocos de argila e estratificação cruzada tabular (Sistema Fluvial Anastomosado) e, que em direção ao topo, separados por uma camada de argila, tem-se uma seqüência arenítica média a grossa, creme, com estratificação plano-paralela e pequenas intercalações de argila e silte (fluvial meandrante), onde a camada de argila funciona como *Datum* para correlação.

#### **4.2.1.6 Sedimentação Quaternária**

Branner (1904), sucedido por Moraes (1928) e Kegel (1955), realizaram os primeiros trabalhos sobre as variações do nível do mar no litoral pernambucano. Além destes, diversos trabalhos, abordando esta questão, foram realizados, após a segunda metade da década de 70 entre eles, pode-se ressaltar: Suguio & Martin (1976 a), Suguio & Martin (1976 b), Martin *et al.* (1978) Bittencourt *et al.* (1979), Martin *et al.* (1980), Dominguez *et al.* (1981), Martin *et al.* (1982), Bittencourt *et al.* (1983) e Dominguez *et al.* (1990).

Desde então, os depósitos quaternários costeiros têm sido tratados de forma diferenciada por alguns pesquisadores, tentando-se assim, como observou Martin (1990), afastar a falsa idéia de monotonia litoestratigráfica destas regiões que, na maioria dos mapas geológicos brasileiros, são associados a “...depósitos aluviais e costeiros de areias inconsolidadas...”.

Apesar de vários estudos na referida bacia, segundo Medeiros (1991), somente no final da década de 80 a sedimentação quaternária passou a ser considerada de maior interesse. Assim sendo, foi diferenciada, através de critérios geomorfológicos, em: depósitos flúvio-lagunares, depósitos de leques aluviais, terraços marinhos, depósitos de mangues, depósitos eólicos, depósitos de praia e recifes de arenitos (*beachrocks*).

Os sedimentos fluviais ocupam as regiões baixas das porções próximas de vales e riachos, podendo capear sedimentos de origem lagunar/estuarina, decorrentes da invasão destes vales durante o máximo da “última transgressão” (Bittencourt *et al.*, 1979).

Os depósitos argilosos lagunares ocorrem em regiões baixas, normalmente separando os terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, desenvolvendo uma depressão rasa e alongada de intensa atividade biológica. São constituídos por areias finas e lamosas de coloração cinza escura.

Os terraços arenosos mostram-se na forma de pequenas manchas, descontínuas, ao longo da costa, sendo facilmente diferenciados através de fotografias aéreas. Os terraços de idade pleistocênica estão associados à “Penúltima Transgressão” (Bittencourt *et al.*, 1979). O topo desses terraços posiciona-se, em média, entre 8 m e 10 m de altitude, sendo caracterizados pela ausência de conchas e por apresentarem, na base do depósito, cor marrom decorrente da ação de ácido húmico sobre a matéria orgânica e lixiviação deste material. Também a presença de estruturas sedimentares e tubos fósseis confirmam, a origem marinha para essas areias.

Nas regiões protegidas da ação das ondas, nas margens de canais de maré e nas porções distais de vales de rios e riachos, estão normalmente os sedimentos de manguezais.

Os depósitos de sedimentos eólicos, raros no litoral pernambucano, ocorrem principalmente no topo dos cordões litorâneos, remanescentes de antigas cristas de praia que foram parcialmente retrabalhadas pela ação dos ventos. São constituídos por areias quartzosas de granulometria média a fina, constituindo antigas dunas, hoje fixadas pela vegetação.

Por fim, os bancos de recife de arenito (*beachrocks*) ocorrem em diversos trechos do litoral do Estado de Pernambuco, com feições lineares, paralelos à costa por trechos extensos,

submersos ou aflorando na baixa mar, ou em alguns casos, ligeiramente acima do nível médio do mar, bem como inseridos na linha de praia.

### **4.3 Compartimentação Geomorfológica**

A faixa costeira de Pernambuco abrange a Bacia Sedimentar do mesmo nome e parte da Bacia Paraíba (Lima Filho, 1998). O Lineamento Pernambuco, que corta o Recife, separa as referidas bacias. Diferenças crono-litológicas e nas feições geomorfológicas, são observadas nas Bacias de Pernambuco e Paraíba, as quais foram confirmadas através de estudos geofísicos e tectônicos por Rand (1976).

Mabesoone & Silva (1989) a compartimentaram em três grandes unidades: (a) as colinas arredondadas (observadas nas rochas do embasamento cristalino e nos sedimentos e vulcanitos do Grupo Pernambuco), (b) os tabuleiros costeiros (desenvolvidos sobre a cobertura clástica da Formação Barreiras) e (c) as áreas baixas, incluídas nesta unidade, as planícies costeiras, as planícies marinhas e fluviais, além dos campos de dunas e praias. (Fotos 4.1 e 4.2).

A faixa costeira sul do Estado de Pernambuco é constituída, principalmente, por um domínio colinoso, onde as colinas mais ou menos arredondadas, geralmente de reduzida extensão, com cotas que variam de 10 m a 40 m, correspondem à seqüência vulcano-sedimentar.

Na área estudada foram identificadas a Planície Costeira do rio Pirapama e os Tabuleiros Costeiros nas proximidades das praias do Paiva e Itapoama. Os fenômenos geológicos ocorridos durante o Quaternário, sobretudo nas zonas de influência marinha, deram origem a unidades geológico-geomorfológicas, ressaltando-se que o caráter essencial do ambiente é de transição. Vários compartimentos geomorfológicos foram implantados e seus estudos explicam a história geológica recente, sendo caracterizados por seus depósitos sedimentares que, na maior parte das vezes, funcionam como anteparo natural para a dissipação da energia das ondas.

Recifes, sedimentos de origem fluvial, sedimentos de mangue e areias de praias formam os depósitos quaternários existentes na área. É importante ressaltar que os depósitos quaternários da área estudada derivam da influência mútua de vários fatores tais como: variação do nível do mar, mudanças climáticas e processos dinâmicos costeiros.

A planície costeira, quanto a sua geomorfologia, será abordada de forma mais esclarecedora, no capítulo seguinte.



Foto 4.1 - Relevo colinoso em rochas vulcânicas, da Suíte Ipojuca mostrando as baixas amplitudes e encostas convexas (Vista panorâmica ao longo da PE-60) (Foto – CPRM, 1999)



Foto 4.2 - Feições de *Badlands* no granito félsico do Cabo de Santo Agostinho (Suíte Ipojuca) (Foto CPRM, 1999).

#### **4.4 Considerações Parciais**

A área estudada localiza-se na Bacia Pernambuco que, geotectonicamente, é marginal do tipo atlântica e está inserida na Província da Borborema.

Na Bacia Pernambuco, os sedimentos acumulados têm como embasamento antigas rochas pertencentes ao Maciço Pernambuco. As rochas cristalinas Precambrianas são granodioritos, granitos e migmatitos.

Do ponto de vista geomorfológico, a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco é constituída, principalmente, por um domínio colinoso, onde as colinas mais ou menos arredondadas correspondem à seqüência vulcano-sedimentar. Estas unidades podem ser consideradas como fonte de material para alimentar o suprimento sedimentar da zona costeira estudada.

# **CAPÍTULO 5**

## **PLANÍCIE COSTEIRA**

## CAPÍTULO 5 - PLANÍCIE COSTEIRA

O entendimento da gênese e evolução das planícies costeiras deve levar em conta, principalmente, as respostas dos ambientes costeiros às variações do nível do mar. Modelos evolutivos de planícies costeiras foram elaborados nas mais variadas partes do mundo, chamando a atenção os trabalhos realizados na costa leste da Austrália para as costas regressivas e da costa leste dos Estados Unidos para costas transgressivas (Roy *et al.*, 1994).

No Brasil sobressaem-se os trabalhos precursores de Bigarella (1946, 1954) no Estado do Paraná; Suguio & Martins (1976a, 1976b, 1978) nos Estados da Bahia, São Paulo e Rio de Janeiro; Suguio *et al.* (1985) desde o Estado de Alagoas até Santa Catarina; Villwock *et al.* (1984,1986) no Rio Grande do Sul; e Dominguez *et al.* (1981) nos deltas dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul. Recentemente, modelos foram propostos por Lessa *et al.* (2000) para a planície costeira de Paranaguá, no Estado do Paraná e por Dillenburg *et al.* (2000) para a do Rio Grande do Sul.

Suguio & Martins (1987) propuseram sete estágios evolutivos para as planícies costeiras da região sul e sudeste do Brasil, sendo eles: (I) máximo da regressão pliocênica; (II) transgressões/regressões do Pleistoceno inferior, (III) médio e (IV) superior, (V) máximo da transgressão holocênica; (VI) construção de deltas intralagunares e (VII) construções de terraços marinhos holocênicos. Horn Filho (1997) apresentou um modelo evolutivo para o litoral norte do Estado de Santa Catarina semelhante ao de Suguio & Martin (1987). Porém, acrescentou um estágio denominado Máximo de transgressão de Plioceno, onde agrupou os estágios II e III, subdividiu o estágio IV em máximo da transgressão e máximo da regressão, e eliminou o estágio VI.

Em função de representar um ambiente de transição entre os fenômenos continentais e marinhos, a Planície Costeira ou Flúvio-Marinha, elaborada durante o Quaternário, constitui uma unidade geológico-geomorfológica de grande complexidade.

A Planície Costeira de Pernambuco se enquadraria no modelo “sistemas de ilhas – barreiras – laguna” em que os rios, por não alcançarem a plataforma durante os períodos de nível do mar alto, construíram deltas em ambientes protegidos. Ao contrário, durante o abaixamento do nível do mar, as lagunas e os rios retrabalharam os sedimentos da planície e da plataforma interna, favorecendo o avanço da linha de costa (Dominguez *et al.*, 1990).

Na área em estudo foi observada a ocorrência da Planície costeira do rio Pirapama onde se identificou os seguintes compartimentos: Terraços Marinhos Pleistocênicos, Terraços

marinhos Holocênicos, Depósitos Flúvio-Lagunares, Flúvio-Marinho, Beachrocks (Rochas de Praia), Recifes de Corais e Algas Calcárias, e Depósitos atuais de Praia.

## **5.1 Geologia e Geomorfologia da Planície Costeira**

As planícies costeiras formadas durante o quaternário, sob o controle de várias oscilações eustáticas estabelecem uma unidade geológica – geomorfológica complexa, em função de representarem um ambiente de mudança entre os processos continentais e marinhos, onde podem ser inseridos diversos sub-compartimentos geomorfológicos (Manso *et al.* 1992).

A planície costeira da área estudada localiza-se no limite entre o setor Médio e o setor Sul do litoral de Pernambuco (Coutinho *et al.*, 1994), sendo constituída predominantemente por sedimentos Cretácicos das Formações Cabo e Estiva e as vulcânicas da Formação Ipojuca, como também o Cristalino.

Na região em estudada pode-se subdividir a planície costeira nos seguintes sub-compartimentos:

### **5.1.1 Terraços Marinheiros Pleistocênicos**

Estes terraços alcançaram um máximo de 8 m a 10 m acima da preamar atual no passado; no entanto, hoje, suas altitudes não ultrapassam 4 m, sendo constantemente utilizados na exploração de material de empréstimo para a construção civil. Representam terrenos planos, de distribuição descontínua e irregular, paralela à costa, levemente inclinados, com ruptura de declive em relação aos baixios de maré. Em função do seu rebordo abrupto, se mantêm livre das investidas do mar, permanecendo secos até mesmo durante as marés mais altas. São depósitos constituídos por areias quartzosas, com granulometria média e, em geral, estão localizados na porção mais interna da planície costeira.

No que diz respeito à idade destes depósitos, em função das feições geomórficas e sedimentológicas serem idênticas às observadas na região costeira de Alagoas, Sergipe, Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia, Dominguez *et al.* (1990) associou-os à “Penúltima Transgressão”, há cerca de 120.000 anos A.P. Esta relação foi corroborada com a datação realizada em amostras nestes terraços marinhos, no litoral de Pernambuco, pelo método de termoluminescência por Barreto *et al.*, (1998) que confirmou idade compatível com a Penúltima e Última Transgressão Marinha. Suguio *et al.*, (2004) também obteve os mesmos resultados por termoluminescência, inclusive nos terraços a oeste da Lagoa Olho D'Água, adjacente a área estudada.

Na área estudada, tais terraços aparecem bordejando alguns trechos dos rios Jaboatão e Pirapama, circundados por depósitos de mangues ao norte da área.

### **5.1.2 Terraços Marinheiros Holocênicos**

Estes terraços são mais rebaixados que o anterior, apresentam altitudes variando de 1 m a 3 m exibindo falésias de amplitudes de 1 m a 2 m, submetidas constantemente à erosão marinha e seus depósitos surgem recobrimdo a porção mais externa da planície costeira. Segundo Dominguez *et al.* (1983), os mesmos representam, provavelmente, antigas planícies de cordões litorâneos formados a partir da variação do nível do mar durante o Quaternário. Geomorfologicamente constituem-se em uma barreira arenosa, situada ao longo da orla marítima, em contato direto com a praia. Apresentam uma geometria mais regular que os terraços abordados anteriormente, mostrando-se alongados e pouco espessos, e são bem reconhecidos, tanto em campo, como em fotografias aéreas.

Estes depósitos são separados dos terraços pleistocênicos em fotografia aérea, por uma nítida mudança na textura e/ou pela mudança de altitude entre os mesmos. Em campo, se observa a presença de pequenos riachos retos e estreitos, marcando em alguns trechos a separação entre os dois.

Os terraços marinheiros holocênicos são constituídos por areias quartzosas de granulometria média com um moderado selecionamento de grãos. Apresentam em geral cor branca, podendo exibir tons de cinza, fato relacionado à presença de restos de vegetais e fragmentos de conchas. A presença destes constituintes permite distinguir-se estes depósitos daquelas areias lixiviadas subjacentes que pertencem ao terraço pleistocênico, e que não mais apresentam fragmentos.

A partir de observação de feições geomorfológicas presentes nas planícies costeiras atuais tais como pontais arenosos, esporões e ilhas lunadas, é possível estabelecer o padrão de transporte de sedimentos que formaram estas antigas planícies de cordões litorâneos.

Dentre as feições citadas sobressai-se o pontal arenoso de Barra das Jangadas, que tem o seu desenvolvimento relacionado à desembocadura do rio Jaboatão e a deriva litorânea (de sul para norte). O desenvolvimento desta barra faz com que haja um recuo natural da margem esquerda do estuário.

Na área estudada, estes terraços são bem representados principalmente na faixa costeira ao longo das praias do Paiva e Itapoama. (Foto 5.1).



Foto 5.1 - Terraço Marinho Holocênico e a Berma, tomados por residências de veraneio, na praia de Gaibu, PE (Foto – CPRM, 1999).

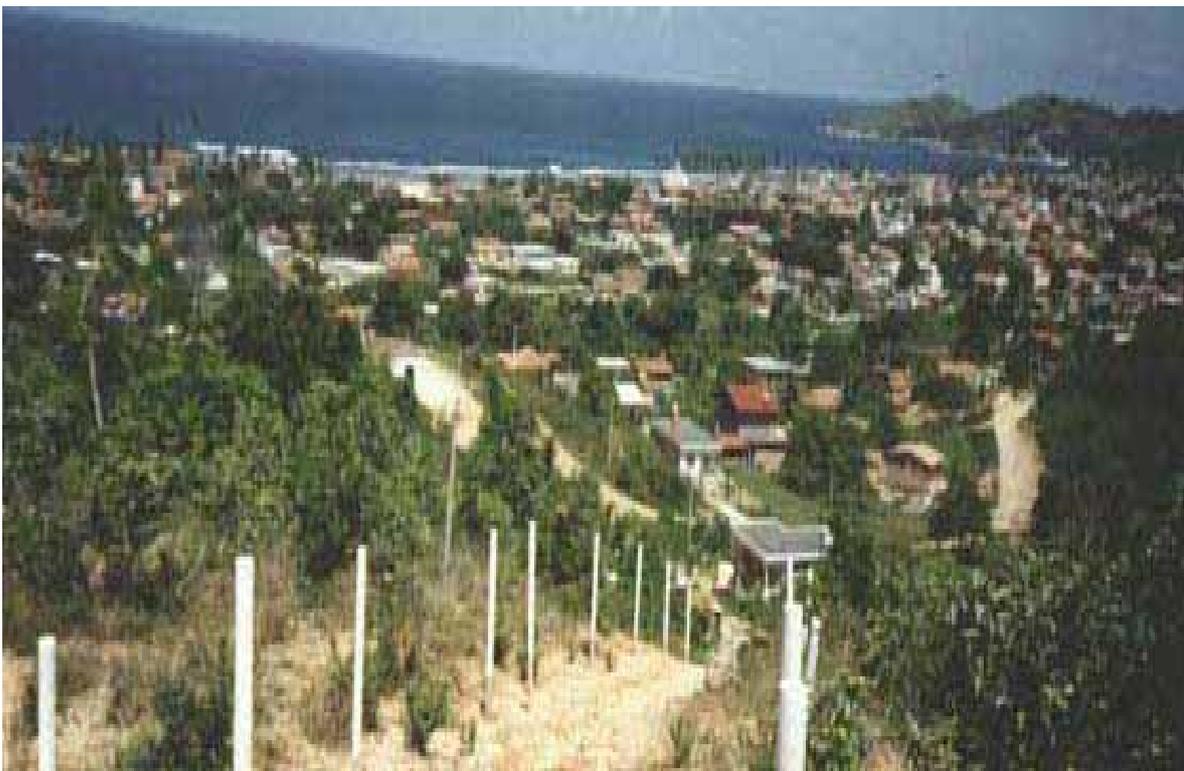


Foto 5.2 - Planície flúvio-lagunar totalmente tomada por residências de veraneio, na praia de Gaibu, PE (FOTO – CPRM, 1999).

### 5.1.3 Depósitos Flúvio-Lagunares

No que concerne à origem, os depósitos flúvio-lagunares são considerados sedimentos de origem lagunar, que surgiram em razão do afogamento da região no transcorrer da Última Transgressão de Bittencourt, (1979) sendo então abandonados em depressões ali existentes, e, posteriormente, submetidos à ação fluvial na regressão subsequente.

Tais sedimentos podem ocorrer nas partes baixas da drenagem que se instalou sobre os terraços marinhos pleistocênicos e nas zonas baixas entre os terraços marinhos pleistocênico e holocênico. São constituídos de sedimentos argilo-arenosos contendo matéria orgânica, com graus diferentes de compactação.

Na área em estudo, tais depósitos ocupam pequenas áreas nas proximidades do maceió da praia de Gaibu e dos estuários dos rios Pirapama e Jaboatão (Foto 5.2).

### 5.1.4 Depósitos Flúvio-marinhos

São depósitos encontrados nas áreas em que o gradiente é quase nulo, ficando assim subordinados à ação dos processos de sedimentação fluvial e marinhos, possuindo solos com alto teor de salinidade, águas mornas e salobras, cujo fluxo de marés permitem a formação dos manguezais (Foto 5.3). São constituídos por lamas de coloração escura, em um ambiente de manguezal rico em restos de vegetais e fragmentos de conchas. A ação antrópica vem favorecendo a destruição deste ambiente por meio de aterros dos mangues localizados nos estuários dos rios Jaboatão e Pirapama.



Foto 5.3 - Mangue preservado às margens do rio Jaboatão (Foto – CPRM, 1999).

### 5.1.5 Beachrocks

No litoral de Pernambuco, uma das feições morfológicas mais característica é a ocorrência de linhas de beachrocks, descontínuos, paralelas à costa. Na maioria das vezes, são exibidas duas ou três dessas linhas, porém, a primeira se encontra geralmente emersa e

próxima à praia. As outras duas ficam praticamente submersas ou parcialmente emersas. São corpos, portanto, de extrema importância, porque minimizam a atuação da energia modeladora do mar. Os arenitos mais próximos à praia são geralmente mais friáveis, inclusive alguns desses bancos, aparentemente, estão se formando agora.

As primeiras descrições dessas feições foram feitas pelo naturalista inglês Darwin (1842) referindo-se, aos mesmos, como construções coralinas e portanto organógenas, enquanto que Hartt (1870) e Branner (1904), designaram-nas como sedimentos de praia consolidados por carbonato de cálcio.

Em trabalhos posteriores, Oliveira (1942), Andrade (1955), Tricart (1959), Ottmann (1960) reservaram a designação de “recife” apenas para formações coralinas e adotaram a terminologia “arrecifes”. Do ponto de vista náutico qualquer obstáculo, no mar, que possa impedir a navegação, é denominado de recife.

Russel (1962) divulgou a terminologia inglesa *beachrocks*, como rochas de praia cimentadas por carbonato de cálcio, enquanto Van Andel & Laborel (1964), Mabesoone (1964), Laborel (1965), Ferreira (1969), Morais (1970), Bigarella (1975), Campos (1976), Oliveira (1978), Assis (1990), Chaves (1996, 2000), realizaram estudos sobre os recifes do Nordeste.

Dominguez *et al.*, (1992) lembraram que, sob o ponto de vista sedimentológico, recife se refere à construção de origem orgânica, preferindo usar – bancos de arenito – evitando o comprometimento com a origem.

No que diz respeito ao processo de cimentação, embora exista uma ampla literatura sobre a ocorrência de arenitos de praia em diferentes regiões, ainda não se definiu o processo de cimentação. Russell (1962) relacionou à existência de uma área fonte para o cimento nas proximidades da praia, de onde a água doce subterrânea, extrairia o suprimento adequado de carbonato de cálcio. Em seguida, este carbonato seria carregado pela água subterrânea até a praia, encontrando temperatura suficientemente alta e variação de pH para permitir a evaporação e conseqüente precipitação do cimento.

Mabesoone (1964) afirmou que a formação dessas rochas de praia poderia ser atribuída às variações do nível do mar durante o Holoceno, podendo, portanto, ser relacionada a eventos de transgressão marinha, quando ocorreram estágios de curta duração, com o nível do mar mais baixo que o atual.

Coutinho & Farias (1979) estudaram, sob o ponto de vista geoquímico, a natureza do cimento nos arenitos de praia do litoral de Pernambuco. Esses autores observaram que os arenitos próximos ao continente, em via de formação, eram mais ricos em  $Mg^{++}$  e

apresentavam grau de diagênese inferior. Já os das linhas mais distantes apresentaram percentual inferior de  $Mg^{++} CO_3$ , aproximadamente, 3mol% e com grau de diagênese mais forte. Baseando-se na percentagem de  $MgCO_3$  da rocha, estes autores afastaram a hipótese de que o agente cimentante fosse o freático doce, e sim a água do mar.

Assis (1990) distinguiu três tipos de textura de cimento nos *beachrocks* de Serrambi identificando três microfácies diagenéticas. A textura dominante correspondeu a cristais aciculares isópacos de calcita magnesiana dispostos radialmente em torno dos grãos, formando uma franja de espessura aproximadamente uniforme. A segunda textura é representada por um cimento criptocristalino intergranular ou sob a forma de um envelope criptocristalino de cor marron já classificada como envelope micrítico. A terceira textura consistiu de um cimento intergranular criptocristalino de calcita com baixo teor de magnésio.

Com relação à idade, Delibrias & Laborel (1971), como também Domingues *et al.* (1990) atribuíram uma idade holocênica para os arenitos de praia do litoral de Pernambuco.

Laborel (1965) associa as feições morfológicas, na costa, à presença, tanto dos *beachrocks* quanto dos recifes orgânicos. Segundo este autor, a linha de costa apresenta uma certa sinuosidade, com várias baías e/ou enseadas associadas sempre à presença de recifes. Ao sul da enseada, ainda segundo este autor, as baías são limitadas em suas extremidades pela ocorrência de recifes, onde se observa a progradação da linha de praia em direção às formações recifais, podendo soterrá-los com as areias da praia. Já na parte norte da baía observa-se recuo da costa para trás da linha de recifes de arenito, sendo estas desprovidas de corais.

Na área em estudo estes corpos formam mais de uma linha, ocorrendo ora contínuos (mais a sul e entre Gaibu e Ponta das Pedras Pretas), ora descontínuos (praias de Itapoama e de Paiva), apresentando-se, em geral, como no resto do litoral de Pernambuco, com formas e contornos irregulares.

### **5.1.6 Recife de Corais e Algas Calcárias**

Deve-se a Laborel (1967) o trabalho mais completo sobre corais da costa de Pernambuco. Os recifes de corais e algas calcárias apresentam dimensões bastante variadas, desde uma centena de metros até 10 km de comprimento. Esses recifes de corais holocênicos, em sua maior expressão, são constituídos por corpos alongados e descontínuos, com seu eixo maior paralelo à linha de costa, estando intimamente associados com os *beachrocks*, que servem de substrato para seu desenvolvimento. Já os recifes algálicos que podem estar associados aos corais, especialmente no lado externo, onde a ação das ondas é mais forte,

apresentam formas de “ilhas” característica que os distingue facilmente dos demais recifes (Laborel, 1967).

Os corpos recifais, localizados mais próximos à costa, apresentam um topo truncado, muitas vezes emersos durante a baixa mar (baía de Tamandaré), resultado da erosão das partes mais altas dos recifes quando expostas durante a regressão que sucedeu à Última Transgressão (Leão *et al.*, 1985).

O número total de espécies coralinas encontradas no Brasil é em torno de 28. Na costa pernambucana, deste total, foram encontradas 9 espécies nas partes mais altas destes recifes, sendo que *Mussimilia harti* e *Montastrea cavernosa* são os principais corais formadores de recifes na região de Tamandaré (Maida & Ferreira, 1997).

Na área estudada os recifes algálicos podem ser vistos, principalmente, na praia do Paiva, formando corpos de morfologia irregular onde seu eixo maior encontra-se paralelo às linhas de arenitos de praia ao qual estão associadas. Esses recifes apresentam, geralmente, topos aplainados em função da erosão durante a regressão ocorrida após a Última Transgressão; como consequência, a maioria deles permanecem submersos nas épocas de grande baixa-mar. Estas feições podem atingir até 2,5 km de comprimento e 1 km de largura e em torno de 3 m de espessura.

### **5.1.7 Depósitos de Praia**

Os primeiros trabalhos sobre esses depósitos tinham por finalidade o estudo das possibilidades econômicas de minerais raros (Silva, 1959; Ottmann *et al.*, 1959; Rand, 1967). Os estudos existentes sobre as praias arenosas, ao longo da costa, que algumas vezes são interrompidas pelas desembocaduras dos rios e pontais rochosos, como o do Cabo de Santo Agostinho (área estudada), são insignificantes. As praias mais conhecidas são aquelas próximas aos maiores centros populacionais.

Areias médias a grossas, bem selecionadas, e assimétricas, com cerca de 1% de minerais pesados, foram encontradas por Silva (1959) em estudos realizados em praias do litoral de Pernambuco. Esse autor constatou que essas areias são compostas por uma associação mineralógica com predominância de ilmenita e zircão, e baixa concentração de monazita; como também que, nas camadas escuras, ocorre uma maior concentração de minerais pesados.

Os depósitos, na área estudada, representam uma estreita faixa da atual zona de praia, caracterizando a parte mais distal da planície costeira, sendo representados por areias

quartzosas. As praias são, na maioria, estreitas, de baixo declive, constituídas predominantemente por areias quartzosas bem selecionadas.

Podem ser caracterizadas como um relevo de alta energia e intensa atuação de processos de erosão, estando submetidas, especialmente, à ação das ondas e à deriva litorânea. É uma área permanentemente submetida à ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea e das marés, estando em constante variação, o que foi confirmado, através de estudos de perfis de praia realizados por Madruga Filho (1999), em trecho da praia do Paiva. Esta variação é resultante da acentuada ocupação da orla, que altera o percurso da deriva litorânea.

A inclinação e a largura da faixa de praia podem definir a granulometria dos sedimentos, ou seja, praias mais horizontais, geralmente, possuem uma textura muito fina a fina; praias inclinadas, uma textura média a grossa; e praias muito inclinadas, grossa. A faixa das praias da área estudada apresenta uma largura variando, em média entre 15 m e 50 m e uma inclinação variando entre 3° e 7°. A granulometria das areias será tratada no capítulo 6.

## **5.2 Paleogeografia**

Os aspectos da morfologia quaternária no litoral de Pernambuco são provenientes das variações do nível do mar, do suprimento de sedimentos e dos processos costeiros.

Os dois grandes episódios transgressivos denominados por Bittencourt *et al.* (1979) de Penúltima Transgressão (120.000 anos A.P.) e Última Transgressão (5100 anos A. P.) estão associados com o esquema de evolução paleogeográfica.

### **5.2.1 Variação do Nível do Mar**

A comunidade científica tem apontado o aumento da temperatura média das águas de superfícies dos oceanos, o degelo polar e o aprisionamento da radiação solar na atmosfera por gases resultantes da queima de combustível fóssil como as principais causas da flutuação do nível do mar.

Uma série de análises mostra que o nível do mar global tem apresentado um aumento de 2mm por ano no último século (Peltier & Tushingham, 1989; Trupin & Wahr, 1990; Douglas, 1991). É possível que até o próximo milênio esse aumento não atinja um valor muito maior (Flemming & Weebb, 1986; Kearney & Stevenson, 1991; Shennan & Woodworth, 1992; Vakamp *et al.*, 1992 apud Chaves, 2000). A previsão é de que o nível do mar global sofra um grande e rápido aumento no século 21, devido ao aquecimento global. Segundo Houghton *et al.* (1990), Woodworth (1990), Church *et al.*, (1991), Douglas *et al.* (1990), apud

Chaves (2000) o nível do mar variará em 18 cm até o ano 2030, de 35 cm em 2050 e 44 cm no ano de 2070.

Com certeza, o nível do mar está relacionado com as mudanças climáticas, o que pode ser constatado, através do início da última deglaciação, há 18.000 anos atrás, período em que o mar se encontrava em torno de 100 m abaixo do nível atual.

Através da utilização de dados estimados da variação do nível do mar, pesquisadores perceberam que muitos efeitos, isolados ou não, poderiam ser responsáveis por essa variação. Meier (1984) concluiu que as pequenas glaciações, apesar de difícil quantificação, são muito significativas. Church *et al.* (1991) acreditaram em alguns desses efeitos, porém questionaram sobre a atividade ter sido local ou global.

As pesquisas desenvolvidas por Zwally *et al.* (1989) no período de 1978 a 1987 na Groenlândia, utilizando altimetria por satélite, mostraram uma diminuição gradual da espessura das camadas de gelo de poucos milímetros a cada ano. Na hipótese desse fato se expandir por um longo período de tempo, estes autores acreditam que há possibilidade de ocorrer uma aceleração no aumento do nível do mar pelo aquecimento global. Por atribuírem ao fato a dinâmica fisiológica e discordarem da técnica utilizada, Douglas *et al.* (1990) e Van Der Veen (1993) contestaram tais pesquisas.

#### **5.2.1.1 Variação do Nível do Mar no Brasil**

O Projeto 61 do Programa Internacional de Correção Geológica de 1974 a 1982 tinha, entre outros objetivos, o de determinar a curva eustática mundial para o Holoceno (Suguio *et al.*, 1985 *apud* Chaves, 2000). No entanto, trabalhos de campo desenvolvidos no mundo inteiro, por muitos pesquisadores, fizeram com que rapidamente se constatassem dificuldades neste sentido. Em dias atuais, de uma maneira geral, os especialistas admitem não ser possível definir uma curva geral de flutuações do nível do mar. As curvas obtidas, em estudos recentes, são consideradas apenas locais ou no máximo regionais. Sendo assim, fica claro que curvas ditas eustáticas, como a de Fairbridge (1962), não podem ser utilizadas como modelo de variação do nível do mar no decorrer dos últimos 6.000 a 7.000 anos.

Na costa do Brasil, os estudos da variação do nível do mar, em particular da costa sudeste, tiveram início com os trabalhos de Johannesen *et al.* (1967). Com a motivação que os trabalhos citados provocaram, ocorreram as contribuições de Mesquita & Harari (1983), Mesquita *et al.* (1986) e Franco & Mesquita (1986).

Uma detalhada discussão sobre as flutuações do nível relativo do mar no Quaternário Superior, nos últimos 7 mil anos, ao longo do litoral brasileiro, e um comentário sobre suas

implicações na sedimentação costeira foi feita por Suguio *et al.* (1985). Os autores concluíram que grande parte do litoral brasileiro esteve submerso até cerca de 5 mil anos, sendo em seguida submetido a um processo de emersão que dura até nossos dias, ocasionando um abaixamento médio de 5m no nível relativo do mar. Esta fase regressiva foi responsável pelo desenvolvimento da maior parte das planícies costeiras holocênicas que ocorrem ao longo de toda margem continental brasileira.

Com base nos dados acima obtidos, Suguio *et al.* (1985) dividiram o litoral em vários setores [Salvador (BA), Caravelas (BA), Ilhéus (BA), Angra dos Reis (RJ), Santos (SP), Cananéia-Iguapé (SP), Paranaguá (PR) e Itajaí-Laguna (SC)] e elaboraram as curvas de variação para os últimos 7000 anos. Esses autores concluíram que em todos os setores houve elevação do nível do mar em relação ao atual, com um máximo há 5100 anos A.P, apresentando rápida oscilação do nível do mar relativo de 2 a 3m, e notaram, ainda, que ocorre tendência de elevação do nível do mar em torno de 5m, correspondendo às oscilações secundárias, após a transgressão marinha pós-glacial ocorrida há 5100 anos A.P. Esta teria sido intercalada com dois intervalos de oscilações negativas nos períodos de 4100-3800 e 3000-2700 anos A.P., respectivamente (Figura 5.1).

Os níveis de estabilização do mar, durante a transgressão holocênica, sobre a plataforma continental de Santa Catarina, de acordo com suas evidências morfológicas, foram relacionadas por Reis (1988). Segundo o autor, as variações do nível do mar ocorridas durante o Quaternário têm origem, principalmente, em fenômenos glacio-eustáticos, e criaram as condições para ocorrência de ciclos de transgressão e regressão marinhas. Estudo das rupturas de pendentes, sobre a plataforma, pode fornecer informações importantes sobre as variações do nível do mar através da identificação dos seus possíveis níveis de estabilização.

Corrêa (1990) *apud* Reis (1998) afirma que o início da transgressão holocênica há 17.500 anos A.P., é bem marcado para a plataforma continental do Rio Grande do Sul, quando o nível do mar estabilizou-se em torno de -130m.

#### **5.2.1.2 Variação do Nível do Mar no Litoral do Nordeste**

Um acréscimo de aproximadamente 120 m e de 200 m, na linha de costa, num período de 30 anos, foi constatado nas regiões de Ponta de Areia e Cacha Pregos, costa oriental da Ilha de Itaparica, segundo Lessa (1998), a partir da análise qualitativa de fotografias aéreas em 1959 e 1989.

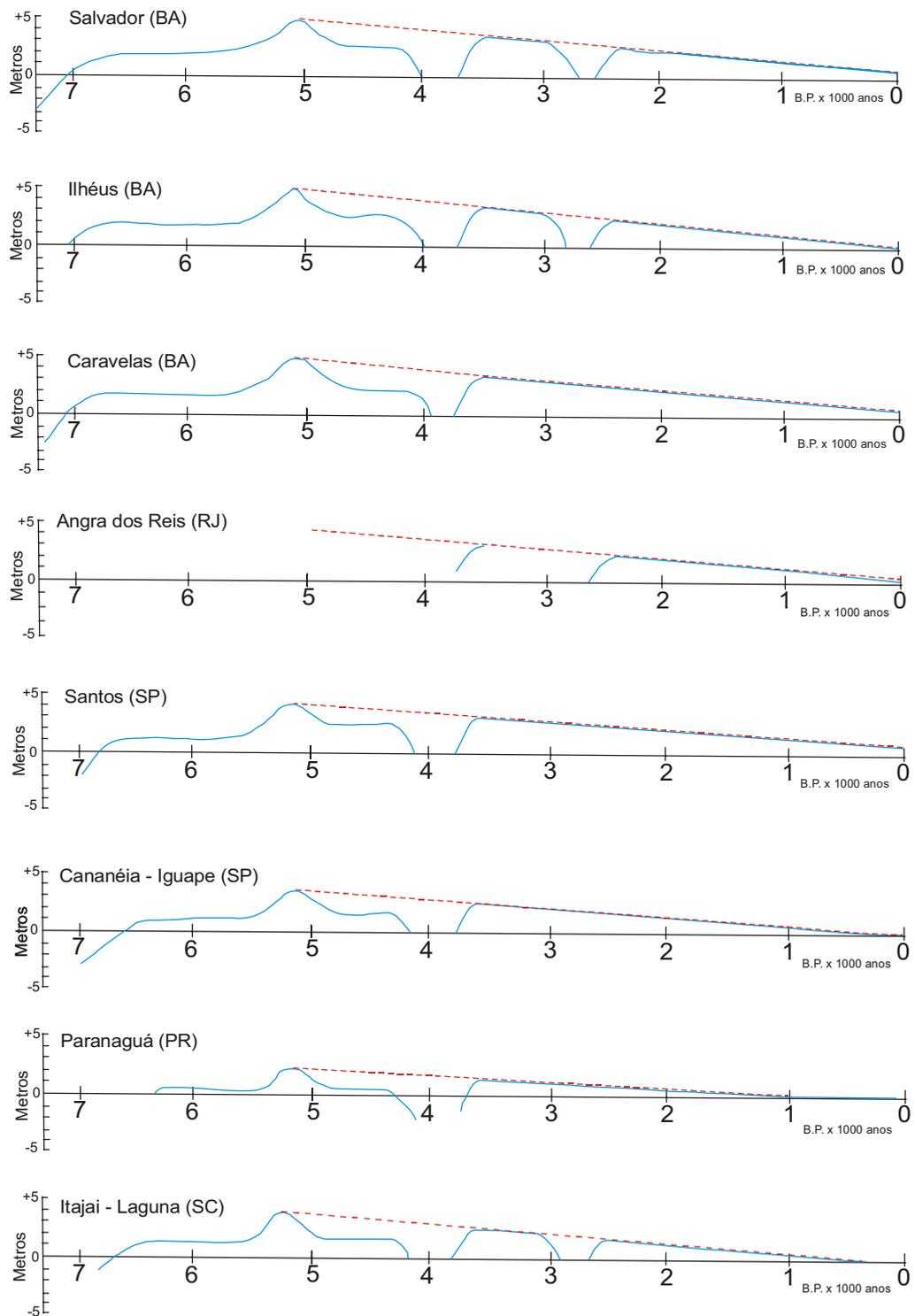


Figura 5.1 - Curva do nível relativo do mar para os últimos 7000 anos, para diferentes setores da costa brasileira. A escala vertical corresponde a metros acima ou abaixo do nível médio do mar atual (Suguio *et al*, 1985).

Duas fácies de *beachrocks* que podem ser usados como indicadores da variação do nível do mar foram estudados no Rio Grande do Norte por Bezerra *et al.* (1998). Segundo esses autores, a fácies “a” representa as zonas de estirâncio e de antepraia, sendo caracterizada por arenitos de granulometria grossa, não selecionados e com estratificação cruzada; a fácies “b” corresponde aos sedimentos depositados na zona de estirâncio médio a superior, e é caracterizada por arenitos bem selecionados de granulometria média a grossa, e com camadas cruzadas de espraiamento. As idades desses *beachrocks* variam entre 7000 e 1150 anos B.P. que atingiu o máximo de 2 m há 5000 anos B.P. com diminuição até atingir o nível atual, cerca de 300 anos depois.

Ao longo da planície costeira do Estado do Ceará, indicadores de flutuações do nível do mar e mudanças climáticas foram evidenciados e analisados por Meireles (1998), gerando um modelo de evolução do Quaternário com auxílio de datações radiométricas. De acordo com este autor, os terraços pleistocênicos, encontrados no extremo leste da planície, em contato com as falésias mortas, foram erodidos durante a última transgressão e a regressão subsequente deu início à formação dos terraços holocênicos. Os depósitos de paleomangues (na zona de estirâncio) evidenciam um nível do mar mais baixo do que o atual em torno de 2m. A presença de antigos recifes de coral, sobre a plataforma de abrasão, atualmente na zona de *surfe* e de berma, afastados das condições físico-químicas e ecológicas originais, caracteriza um nível do mar mais elevado do que o atual.

Os principais depósitos sedimentares costeiros, principalmente de *beachrocks*, ao longo da zona litorânea entre Macau e Cunhaú (RN), nordeste do Brasil, foram descritos por Bezerra *et al.* (1998), como também as curvas cronológicas plotadas com dados de radiocarbonos com o intuito de determinar os movimentos crustais que ocorreram no Holoceno. As mudanças relativas do nível do mar, utilizando modelos gerados a partir de dados glacio-hidro-isostáticos para a região, foram comparados, também, por Bezerra (*op. cit*), com o propósito de identificar a história local do nível do mar e dos movimentos tectônicos isolados.

### **5.2.1.3 Variação do Nível do Mar no Litoral de Pernambuco**

No litoral pernambucano os trabalhos sobre variação do nível do mar são escassos e, na maior parte das vezes, estão relacionados aos recifes de coral e *beachrocks* que ocorrem ao longo de quase toda sua extensão. Ottman (1960), Mabesoone (1964) e Bigarella & Andrade (1964), entre outros, apontaram, a partir do estudo das estruturas sedimentares, do ponto de vista petrográfico, e do posicionamento em relação ao nível médio atual do mar, os

*beachrocks* como testemunhos de um nível do mar mais alto que o atual durante o Quaternário. Van Andel & Laborel (1964) e Delibrias & Laborel (1969) apud Chaves (2000), obtiveram dados na praia de Gaibu, ao sul de Recife, baseados na presença de vermetídeos que se encontram em vários níveis acima da linha de vida dessas espécies. Segundo os autores, o nível do mar teria se elevado acima do nível médio do mar há 6000 anos A.P., com uma nova elevação de 3m há 4500 anos A.P. e baixado gradualmente, até atingir o nível atual.

Rebouças (1965, 1966) e Laborel (1969) mencionaram como evidências de níveis de mar holocênicos mais elevados, superfícies de abrasão em recifes de corais. Branner (1902), Moraes (1928) e Kegel (1955), diante da observação de perfurações de ouriços-do-mar situados acima da zona ecológica atual desses organismos, também sugeriram níveis do mar quaternários mais elevados. Mabesoone (1966, 1978) e Carvalho & Coutinho (1979), identificaram terraços marinhos mais elevados de 2m a 3m de altura, sendo que os dois últimos autores mencionaram, também, a existência de um segundo nível entre 7 m e 8 m.

Amostras de vermetídeos, corais, *beachrocks*, algas coralinas e depósitos paleolagunares, datadas radiometricamente por Van Andel & Laborel (1964), Delibrias & Laborel (1971) e Dominguez *et al.* (1990), confirmaram também a existência de níveis marinhos holocênicos elevados na costa pernambucana.

Dominguez *et al.* (1990) concluíram que o modelo evolutivo da sedimentação quaternária para as regiões de São Paulo, Rio de Janeiro (Suguo & Martin, 1978), Bahia (Martins *et al.*, 1980), Sergipe (Bittencour *et al.*, 1983 a e b) e Alagoas (Barbosa *et al.*, 1986 a e b) pode ser aplicado à costa de Pernambuco. Testemunhos de dois níveis marinhos elevados em Pernambuco foram identificados por esses autores. A transgressão denominada por Bittencourt *et al.* (1979) de Última Transgressão está relacionada com o primeiro (Holocênico), que alcançou um máximo em torno de 5 m acima do nível médio atual do mar por volta de 5100 anos A.P. Enquanto que o segundo (Pleistocênico), está associado à transgressão denominada por Bittencourt *et al.* (*op. cit.*) de Penúltima Transgressão, em que o máximo de 8 m a 10 m acima do nível médio do mar, foi alcançado há cerca de 120.000 anos A.P. (Martin *et al.*, 1982).

Wu & Peltier (1983 in Peltier, 1988 apud Chaves 2000), fizeram um estudo sobre a variação do nível do mar, causada por eventos de deglaciação. Esses autores calcularam e geraram um modelo matemático em computador, com o objetivo de traçar a curva de variação do nível do mar para diversas regiões do mundo, inclusive para a região de Recife. Ficou constatado, um decaimento nos últimos 7000 anos, decorrente do descongelamento na Antártica, provocando efeitos localizados nas praias dessas regiões.

Suguio *et al.*, (2004) em estudo que vem realizando sobre o comportamento do nível do mar ao longo das costas de Pernambuco e Paraíba, concluiu que: o período de transgressão marinha teve início entre 7400 e 7200 anos cal. A.P. e o pico de transgressão máxima ocorreu entre 4000 a 4500 anos, tendo atingido, no máximo 3 m acima do nível médio do mar.

### 5.2.2 Evolução Paleogeográfica

Analisando-se as variações do nível do mar durante o Quaternário, variações climáticas e dinâmica costeira litorânea, foi feita uma tentativa de se relacionar temporalmente e espacialmente às feições geomorfológicas da planície costeira da área estudada.

Tomando-se como base dados obtidos na pesquisa de campo, bem como os trabalhos de Carvalho & Coutinho (1979), Bittencourt *et al.* (1983), Suguio *et al.* 1985 e Neumann (1991), pôde-se sequenciar a história geoevolutiva da área estudada durante o Quaternário.

ESTÁGIO I – Quando o clima era mais seco que o atual e sujeito a tempestades violentas esporádicas, começaram a ser construídas rampas de colúvio nos sopés das colinas; e os leques aluviais coalescentes, a partir das colinas arredondadas existentes.

ESTÁGIO II – O clima passa a ser mais úmido, ocorrendo interrupção de sedimentos nas colinas arredondadas. A transgressão mais antiga inicia-se neste período, erodindo a parte externa das colinas arredondadas.

ESTÁGIO III – O clima passa a semi-árido nas planícies costeiras dos rios Pirapama e Jaboatão, favorecendo a formação de novas rampas de colúvio.

ESTÁGIO IV – Este estágio corresponde à Penúltima Transgressão (120.000 A. P.) com o mar alcançando o seu nível máximo, erodindo total ou parcialmente as rampas de colúvio, construídos no estágio anterior. Houve ainda, o afogamento dos rios Pirapama e Jaboatão, formando os seus estuários.

ESTÁGIO V – O referido estágio é marcado pela regressão subsequente à Penúltima Transgressão. No transcorrer desse estágio foram formados os Terraços Pleistocênicos, que se mostram em dias atuais com altitude entre de 8 a 10 metros. Tais terraços arenosos de origem marinha preencheram as planícies marinhas que se formaram na sua frente.

ESTÁGIO VI – Ocorre a Última Transgressão, com uma elevação do nível do mar (há aproximadamente 5.100 anos A. P. Com a elevação do nível do mar máximo, inicia-se o afogamento das planícies dos rios Pirapama e Jaboatão e novas formações de estuários.

ESTÁGIO VII – Evidencia-se regressão marinha, caracterizada pelo abaixamento do nível do

mar, que levou à formação de terraços marinhos holocênicos que ficaram protegidos pelos *beachrocks*.

### **5.3 Considerações Parciais**

A região costeira da área estudada apresenta um esquema evolutivo quaternário onde foram registrados testemunhos de dois grandes episódios transgressivos. O primeiro, pleistocênico, com um máximo atingido há 120.000 anos A.P e o segundo, holocênico, com um máximo há 5.100 anos A.P.

No geral, o relevo da zona de linha de costa da área estudada é caracterizado como planície costeira com altitudes que variam de 0 a 10 metros. A planície costeira apresenta um conjunto de feições permanentemente alagadas, que margeiam o curso terminal do rio Jaboatão cuja desembocadura, permite o fluxo e refluxo diário das marés através do leito fluvial, originando o fenômeno conhecido como afogamento do estuário, responsável pela ocorrência, na área, de extensos manguezais.

A planície costeira presente possui a sua evolução ligada a ações tectônicas, bem como as variações do nível do mar e climáticas durante o Quaternário. Na praia de Gaibu, a presença de vermetídeos, que se encontram em vários níveis acima da linha de vida dessas espécies, confirma a existência de níveis marinhos holocênicos.

Os recifes desempenham um importante papel na morfologia atual da costa, pois funcionam como um anteparo natural às investidas das ondas, protegendo, até certo ponto, a costa dos processos erosivos.

# **CAPÍTULO 6**

## **SISTEMA PRAIAL**

## CAPÍTULO 6 – SISTEMA PRAIAL

As praias são feições geológicas temporárias e movimentadas, estando entre os sistemas físicos da superfície da terra com maior dinâmica. As praias são totalmente dependentes das ondas e sedimentos. São modificadas pelas marés, vento, tamanho e tipo de sedimento, como também pela biota.

O conceito mais em uso atual de praia a caracteriza como áreas costeiras onde se encontram consideráveis acumulações de areias quartzosas e bioclásticos, cascalhos e conchas, trabalhadas pelas ações de ondas e correntes. São feições altamente mutáveis em função desses agentes modeladores. Daí resulta uma considerável discordância sobre a definição de uma praia, assim como a terminologia utilizada para descrever suas partes.

No *strictu sensu*, a praia é uma acumulação de sedimentos que se estende do nível de maré baixa até uma mudança fisiográfica, tal como um campo de dunas e/ou escarpas que se encontram à retaguarda do ambiente (Suguio, 1992). Também representa um elemento de grande importância na proteção da linha de costa, e ainda, local de turismo e lazer.

No que se refere ao ambiente praial, é mais abrangente, ocupando pontos além da zona de arrebenção, onde as ondas de maior altura já não selecionam nem mobilizam material, até a faixa de dunas que fica à retaguarda do ambiente. Deve-se a Coutinho *et al.* (1997) a ampliação do termo praia para ambiente praial. Várias terminologias são usadas para caracterizar as feições da zona litorânea, com base na ação das ondas (zonas de arrebenção, surfe e espraçamento), no perfil do sedimento (berma, face de praia, barras de espraçamento, barras longitudinais), e na morfologia (duna frontal, pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia) (Brown *et al.*, 1991).

Entre os trabalhos com o objetivo de definir as várias partes da zona costeira e litorânea destacam-se os de Almeida (1955), Ottmann (1965), Komar (1976), Shepard (1973), Vilwock & Martin (1972) e Suguio (1992).

Tendo em vista que a nomenclatura utilizada para designar os subambientes praias e mesmo os limites destes últimos não ser padronizada, nesta pesquisa foi adotada a terminologia para ambiente praial baseada em Reading & Collinson (1996). Do continente em direção ao mar, estes autores dividem o perfil de uma praia em: dunas frontais (*foredunes*), pós-praia (*backshore*), praia ou estirâncio (*foreshore*) e antepraia (*shoreface*).

**A) Dunas** - A formação desta unidade morfológica está condicionada a um grande estoque de areia disponível para ser movimentado pelo vento. A sua distribuição mundial é larga,

sendo, no entanto, comuns em costas que apresentam um gradiente suave, com fortes ventos em direção ao continente.

**B) Pós-praia** - Representa o setor, até certo ponto estreito, localizado acima da linha de preamar, que só é inundado em marés muito altas ou de tempestades. Em locais onde predominam ventos soprando para o continente e a amplitude de maré é alta, a pós-praia é de certa forma bem desenvolvida (Reading & Collinson, 1996).

**C) Praia ou Estirâncio** - É a porção situada entre o limite superior da preamar e a linha de baixa-mar ordinária, que é a parte que sofre, normalmente, a ação das marés e os efeitos de espraiamento das ondas após a arrebentação (Suguio, 1992). Entre a pós-praia e o estirâncio, e algumas vezes no próprio estirâncio, desenvolvem-se os cúspides praias. Estes cúspides são depósitos em forma de pontas agudas de sedimentos mais grossos dirigidas para o mar, separadas entre si, equidistantemente, por depressões rasas de material mais fino. Eles se desenvolvem abundantemente sobre costas de moderada energia de onda, ausência de fortes correntes longitudinais e onde as ondas se aproximam da linha de costa em ângulo aproximadamente reto (Reineck & Singh, 1975).

No que se refere à morfologia do estirâncio, pode variar de forma considerável, conforme o poder da onda, da amplitude da maré e o tamanho dos grãos (Reading & Collinson, 1996). Seu perfil representa a seção normal de um ambiente praias, sendo sempre côncavo para cima na sua maior porção.

Uma praia constituída por sedimentos finos tem em média 3° de inclinação, as constituídas por seixos cerca de 15°, e por calhaus em torno de 24° (Kennett, 1982).

**D) Antepraia** - É a zona que se encontra sempre submersa, tendo sua superfície destacada por cristas e calhas longitudinais. É uma região de movimentação máxima de sedimentos em que os processos litorâneos são mais atuantes por ação da corrente longitudinal induzida por ondas (Reineck & Singh, 1975).

De acordo com Davis (1978), a antepraia caracteriza-se pela presença de barras arenosas (barras longitudinais), que se posicionam, aproximadamente, paralelas à linha de costa, sendo predominantemente contínuas. Além das barras abordadas, pode-se observar ainda: barras crescentes (convexas na direção do mar e de forma abaulada ao longo de uma dada área da costa); barras lunadas (conectadas à praia apenas em um ponto com orientação aproximadamente paralela à costa) e barras transversais (essencialmente perpendiculares à linha de costa).

Pode-se afirmar que séries temporais sólidas de dados quantitativos com relação aos parâmetros hidrodinâmicos, morfodinâmicos e sedimentológicos praias, como também,

informações no tocante a aspectos geológicos-geomorfológicos deste ambiente são quase que inexistentes no litoral de Pernambuco.

### **6.1. Morfologia e Características do Litoral.**

Uma das características da faixa sul da Região Metropolitana do Recife é o fato de ter como feição a presença de grandes planícies de cordões litorâneos geradas durante o Quaternário, as quais podem formar, atualmente, extensas praias retas, enseadas, ou ainda, *spit* nas proximidades do estuário da Barra das Jangadas, representada pela praia do Paiva. A área estudada é formada pelas praias do Paiva, Itapoama, Pedra do Xaréu, Enseada dos Corais e Gaibu, todas pertencentes ao município de Cabo de Santo Agostinho. Com o propósito de melhor caracterizar o sistema praias morfológicamente, as praias da área foram divididas em sete setores (Figura 9.1, Capítulo 9), como também, realizados nove perfis topográficos, que serão descritos no capítulo 8. Esta divisão em setores foi feita levando-se em consideração a presença ou não de recifes, erosão costeira e ocupação ou não da linha de costa. Na descrição dos setores considerou-se os perfis realizados, como também informações técnicas obtidas através de levantamentos de campo em toda área.

Além do exposto, procurou-se também fazer uma análise da vulnerabilidade da zona costeira, ou mais especificamente das praias da área estudada que será mais bem abordada no capítulo seguinte.

**6.1.1 Setor 1 (Praia do Paiva)** – As coordenadas UTM 287945 E, 285752 E, a 9090030 N, 9085650 N, limitam este setor que se estende do extremo norte da área até onde surgem os recifes, em frente à 1ª casa posicionada na pós-praia. Esse setor, apresentou uma linha de costa com comprimento de 5,535 km, sendo o mais extenso de todos e caracterizou-se por se encontrar em um trecho da praia do Paiva, em estado quase primitivo e em faixa cercada, contrariando a Lei nº 7.661/88, do Código Florestal Zona Costeira (Lei 5197 de 03.01.67). Em seu art. 10, caput, essa lei adverte: “as praias são bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado sempre livre e franco acesso a elas e ao mar, em qualquer direção e sentido...” Trata-se ainda, de um dos locais de maior beleza cênica do litoral de Pernambuco (Fotos 6.1 e 6.2).

A pós-praia apresentou topografia ondulada, constituída por cordões litorâneos alinhados, sendo ocupada em maior escala por cobertura vegetal de coqueiros; pôde-se observar ainda, a salsa de praia e gramínea. A escarpa de berma apresentou uma declividade variando entre 22° e 43°, com desnível oscilando entre 0,20 m e 0,72 m. As areias mostraram



Foto 6.1 - Vista geral, para Norte, do setor 1 (praia do Paiva) mostrando toda sua extensão.



Foto 6.2 - Vista para Sul do setor 1 (praia do Paiva).

uma granulometria variando entre fina e média. Registrou-se também, no início deste setor, a formação de pequenas dunas.

A praia ou estirâncio apresentou uma largura média em torno de 90 m e declividade variando entre 3° e 10°. As areias exibiram granulometria em geral fina. Ocorreu também, na superfície dessas areias, disseminado, de forma esporádica, a presença de minerais pesados, variando o seu teor de acordo com a energia das ondas. No que se refere a estruturas sedimentares, registrou-se a presença de marcas de ondas e marcas de espraiamento.

Na antepraia, as areias apresentaram granulometria entre 0,25 mm e 0,5 mm (areia média). A zona de arrebentação posicionou-se, a cerca de 100 m do final da zona de espraiamento. A altura significativa estimada das ondas ficou entre 0,5 m e 1 m. No que se refere ao tipo de arrebentação, pôde-se classificá-la como mergulhante.

**6.1.2 Setor 2 (Praia do Paiva)** – Limita-se pelas coordenadas UTM 285752 E, 285362 E, e 9085650 N, 9083996 N. Esse setor apresentou uma linha de costa com comprimento de 1,410 km e caracterizou-se pela presença de recifes em toda a sua extensão (Foto 6.3 e 6.4). Ao contrário do setor 1, este mostrou algumas casas posicionadas na pós-praia onde se observou indícios de processo erosivo (Fotos 6.5 e 6.6). Apesar da presença de recifes (anteparos naturais, submersos, resguardando a linha de costa da ação das ondas), ser indicativo, de um relativo equilíbrio, este trecho apresentou-se vulnerável durante o período monitorado. A razão reside no fato de que nos meses em que ocorrem as maiores marés as ondas sobrepõem aos recifes e atingem a linha de costa. Há, então, acúmulo ou retirada de sedimentos.

Alguns recifes (*beachrocks*), com fraca diagênese, ficam expostos com a retirada do material, testemunhando transporte local (Foto 6.7).

A pós-praia apresentou superfície topográfica bastante plana. Os indícios de erosão, embora não tenham sido expressivos, aparentemente, foram visíveis, através da observação da diminuição do terreno das mansões, construídas na pós-praia, próximas à linha de costa. A presença de coqueiros com raízes expostas, inclinados e prestes a desabar, reforçaram tais evidências (Fotos 6.8). A interferência antrópica também foi notada, através de pequenas construções de estrutura artificial, em madeira. Esse fato não se tornou mais claro, porque, apesar da presença de algumas casas próximas à linha de costa, o grau de desenvolvimento urbano é muito baixo neste setor. No que se refere à cobertura vegetal, a pós-praia acha-se ocupada por coqueiros, salsa de praia e alguns cajueiros. A escarpa de berma apresentou declividade variando entre 19° e 25°, e um desnível oscilando entre 0,55 m e 2,05 m.



Foto 6.3 - Vista parcial do setor 2, do continente para o mar, mostrando os recifes protegendo a linha de costa.



Foto 6.4 – Vista parcial, em detalhe, dos recifes do setor 2, para Norte, durante a maré de sizígia.



Foto 6.5 – Escadaria de acesso à casa de praia no setor 2, sendo atingida, na linha de costa, em função da incidência das ondas durante a maré alta.



Foto 6.6 – Mansão construída no setor 2, inadequadamente, na faixa de pós-praia, muito próxima à linha de costa.



Foto 6.7 – Recifes (*beachrocks*) de fraca diagênese, do setor 2, que ficam expostos durante o ciclo sazonal (verão/inverno).



Foto 6.8 – Coqueiros, prestes a desabar, evidenciando processo erosivo no setor 2.

A faixa de praia ou estirâncio apresentou largura média em torno de 45 m e declividade em torno de 7°. As areias variaram em granulometria desde média até fina, havendo, contudo, uma predominância das médias. No que se refere a estruturas sedimentares, observou-se a presença de marcas de ondas.

Na antepraia, as areias apresentaram granulometria grossa. A zona de arrebenção posicionou-se, a cerca de 200 m do final da zona de espraiamento. A altura significativa das ondas estimada, posicionou-se entre 0,5 m e 1 m. No que se refere ao tipo de arrebenção, pôde-se classificá-la como deslizante.

**6.1.3 Setor 3 (Praia do Paiva)** – Limita-se pelas coordenadas UTM 285362 E, 285362 E e pelos paralelos 9083996 N, 9082944 N. Inicia-se em um trecho constituído por terras úmidas, estendendo-se até a cerca que separa as praias do Paiva e Itapoama, em frente ao bar Brisa do Mar totalizando 1,980 km de extensão.

A pós-praia encontra-se ocupada por cobertura vegetal de coqueiros e salsa. A escarpa de berma apresentou declividade variando entre 29° e 31°, com desnível oscilando entre 0,58 m e 1,22 m. As areias mostraram uma granulometria entre fina e média.

A faixa de praia ou estirâncio apresentou largura média em torno de 50 m e inclinação por volta de 2°. As areias exibiram granulometria variando de média a fina. Assim como no setor 1, ocorreu também, na superfície dessas areias, disseminado de forma esporádica, a presença de minerais pesados, variando o seu teor de acordo com a energia das ondas. (Fotos 6.9 e 6.10). No que se refere às estruturas sedimentares, registrou-se a presença de marcas de ondas e também cúspides praias. Os cúspides apresentaram distâncias variando entre 18 m e 21m.

Na antepraia, as areias exibiram granulometria fina. A zona de arrebenção posicionou-se a cerca de 98 m do final da zona de espraiamento. A altura significativa das ondas estimada ficou entre 0,5 m e 1 m. No que se refere ao tipo de arrebenção pôde-se classificá-la como deslizante.

**6.1.4 Setor 4 (Praias de Itapoama e Pedra do Xaréu)** – Limita-se pelas coordenadas UTM 285302 E, 285013 E e 9082944 N, 9083996 N. Tem início na cerca que separa as praias do Paiva e Itapoama, em frente ao bar Brisa do Mar, estendendo-se até o final de derrame de rochas traquíticas, na divisa entre as praias de Pedra do Xaréu e Enseada dos Corais, em total de 1,11 km de extensão (Foto 6.11).



Foto 6.9 - Presença de minerais pesados disseminados, em primeiro plano e terras úmidas no plano posterior, na divisa entre os setores 2 e 3.



Foto 6.10 – Concentração de minerais pesados, no setor 3, que ocorre na área durante variação sazonal (verão/inverno) de acordo com a energia das ondas.

A pós-praia acha-se ocupada por bares em construções de alvenaria ou madeira, em geral posicionados, inadequadamente (Foto 6.12). Observou-se, também, a presença de pequenos cursos de águas pluviais, contaminados por esgotos de alguns condomínios na praia de Itapoama e que provavelmente devem interferir nas condições de balneabilidade das águas (Fotos 6.13 e 6.14). A cobertura vegetal constituiu-se de salsa e poucos coqueiros. A escarpa de berma, em geral, não apareceu, encontrando-se destruída em função do processo erosivo aparentemente instalado. As areias mostraram granulometria média.

A praia ou estirâncio apresentou largura variando entre 40 m e 55 m e inclinação em torno de 4°. As areias exibiram granulometria média. Parte do estirâncio deste setor, nas praias de Itapoama e Pedra do Xaréu acha-se constituído por rochas traquíticas associadas ao vulcanismo da Região Vulcano-sedimentar do Cabo de Santo Agostinho (Foto 6.15 e 6.16). Outro trecho do estirâncio encontra-se ocupado por bares e restaurantes em construções de alvenaria e madeira, favorecendo o desencadeamento do processo erosivo. No que se refere a estruturas sedimentares, registrou-se a presença de marcas de ondas. Na antepraia as areias apresentaram granulometria média. A zona de arrebentação posicionou-se a cerca de 40 m do final da zona de espraiamento. A altura significativa das ondas estimada, ficou em média acima de 1m. No que se refere ao tipo de arrebentação pôde-se classificá-la como deslizante. É interessante ressaltar também a presença de recifes associados com as rochas traquíticas e, muitas vezes, utilizando as mesmas como substrato.

**6.1.5 Setor 5 (Praia de Enseada dos Corais)** – Acha-se contido na praia de Enseada dos Corais, sendo limitado pelas coordenadas UTM 285013 E, 285961 E e 9083996 N, 9081496 N (Foto 6.17). Esse setor, com cerca de 2,1411 km, ficou caracterizado pela presença de rochas de praia (*beachrocks*) em toda sua extensão, linearmente, em uma ou duas linhas paralelas à linha de costa. A interferência antrópica se fez presente através das construções de médio porte, em forma de muro de concreto, para proteção de casas posicionadas inadequadamente na pós-praia (Foto 6.18). Os muros das residências estão sujeitos ao embate das ondas de maior expressão. Esgotos de algumas casas e condomínios das proximidades, como também resíduos sólidos, foram visíveis neste setor (Foto 6.19). A salsa e os coqueiros representam a vegetação da pós-praia. As areias mostraram uma granulometria média. Também algumas dunas, já fixas, foram observadas em local onde ocorreu intervenção antrópica (Foto 6.20).

A faixa de praia ou estirâncio apresentou largura variando entre 55 m e 60 m, com declividade em torno de 3°. As areias exibiram granulometria fina. Na superfície dessas



Foto 6.11 – Bar Brisa Mar, divisa entre os setores 3 e 4 da área em estudo, e limite entre as praias do Paiva e Itapoama.

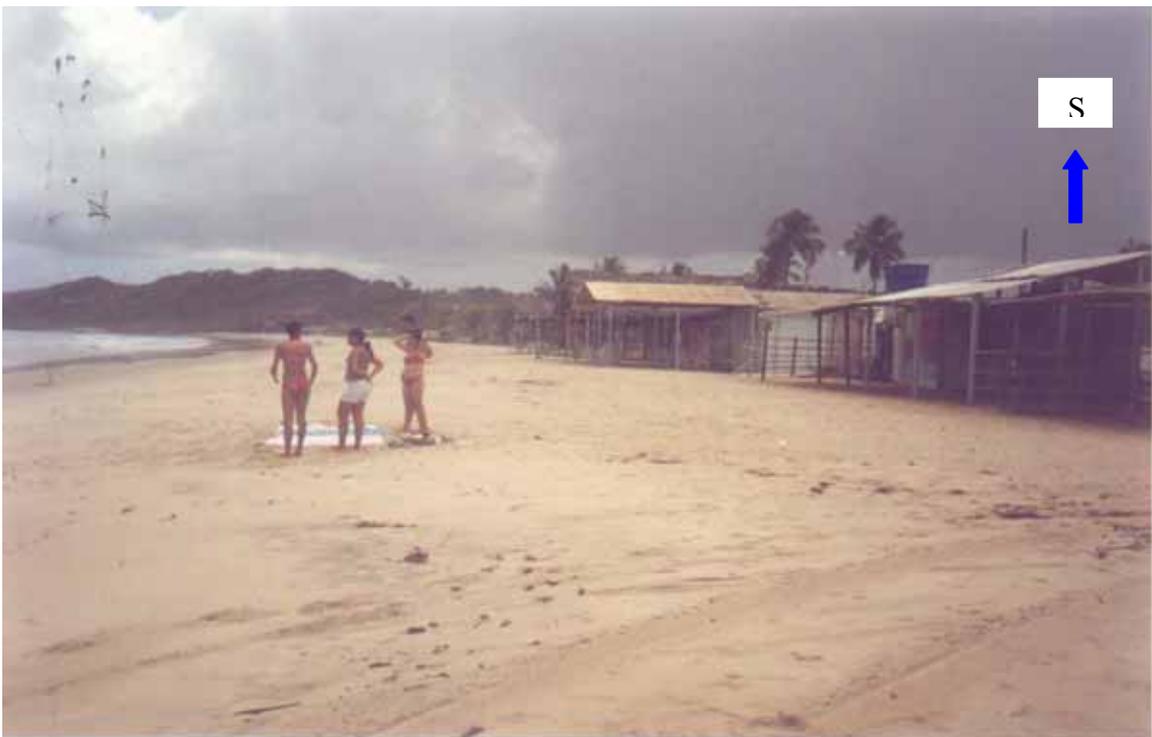


Foto 6.12 - Praia de Itapoama, sendo ocupada por bares em alvenaria ou madeira, posicionados, inadequadamente na faixa de praia.



Foto 6.13 - Cursos de águas pluviais, contaminados por esgotos de alguns condomínios na praia de Itapoama, interferindo na balneabilidade das águas.



Foto 6.14 – Águas pluviais contaminadas que se acumulam em função da morfologia da praia.



Foto 6.15 – Derrames de rochas traquíticas associados com recifes, ocupando o estirâncio na praia de Itapoama – PE.



Foto 6.16 – Edifício vulcânico de onde foram emanados os derrames de lavas que resultaram nas rochas traquíticas da praia de Itapoama – PE.



Foto 6.17 – Arenitos de praia (*beachrocks*) que exercem função dissipadora da energia das ondas, ao atingirem a zona litorânea (praia de Enseada dos Corais PE).



Foto 6.18 – Intervenção antrópica em função de construções inadequadas muito próximas à linha de costa.



Foto 6.19 – Impacto ambiental provocado por esgoto doméstico ou pluvial na praia de Enseada dos Corais – PE.



Foto 6.20 – Dunas, ocorrência rara em PE, fixas, em local onde houve intervenção antrópica na praia de Enseada dos Corais.

areias, disseminado de forma esporádica, observou-se a presença de minerais pesados. Através de caminhamentos realizados pôde-se constatar que o processo erosivo neste setor aumenta, proporcionalmente, com o grau de desenvolvimento urbano. No que se refere a estruturas sedimentares, registrou-se a presença de marcas de ondas.

Na antepraia as areias apresentaram granulometria grossa. Os arenitos de praia mostraram-se anexos com a faixa de praia, em uma de suas linhas. A zona de arrebentação posicionou-se a cerca de 150 m do final da zona de espraiamento. A altura significativa das ondas, estimada, ficou em média acima de 1m. No que se refere ao tipo de arrebentação pôde-se classificá-la como deslizante.

**6.1.6 Setor 6 (Praias de Enseada dos Corais e Gaibu) –** Limita-se pelas coordenadas UTM 285961 E, 285251 E e 9081496 N e 9079524 N, apresentando uma extensão de 1,320 km.

Na pós-praia a interferência antrópica pode ser percebida através das construções de médio porte, em forma de muro de concreto, para proteção de casas, posicionadas inadequadamente nessa faixa. A cobertura vegetal praticamente inexistiu em função da referida ocupação. Assim como no setor anterior, esgotos domésticos das proximidades e resíduos sólidos (lixo praial), também foram visíveis neste. As areias mostraram granulometria média, ocorrendo ainda a presença de minerais pesados.

A faixa de praia ou estirâncio apresentou largura estreita em relação aos outros setores, em torno de 20 m e inclinação superior, cerca de 10°. As areias mostraram granulometria média. Os minerais pesados, também foram encontrados, disseminados, de forma esporádica, na superfície dessas areias. No final deste setor, é digno de registro um manguezal, não muito expressivo, mas que chama a atenção por estar posicionado adjacente à linha de recifes (Foto 6.21). O fato é que não é muito corriqueira a vegetação de manguezais, próximos às águas marinhas costeiras, sem que haja a presença de um curso de água doce oriundo do continente. No entanto, melhor observando este setor, durante o período chuvoso, pôde-se constatar um grande volume dessas águas, de um maceió indo de encontro a esse manguezal, o que justifica a presença desse ecossistema (Foto 6.22). No que se refere a estruturas sedimentares, registrou-se a presença de marcas de ondas.

Na antepraia as areias apresentaram granulometria grossa. A zona de arrebentação se posicionou a cerca de 150 m do final da zona de espraiamento. A altura significativa das ondas, em função da presença dos *beachrocks* (rochas de praia), não foi possível ser medida.



Foto 6.21 – Manguezal na faixa de praia (estirâncio), ocorrência não muito comum (Gaibu-PE).



Foto 6.22 - Cursos de águas pluviais que proporcionam um ambiente adequado para sobrevivência do manguezal, adjacente a linha de recifes, na praia de Gaibu – PE.

**6.1.7 Setor 7 (Praia de Gaibu)** – Limita-se pelas coordenadas UTM 285251 E, 285212 E e 9079524 N, 9078688 N, correspondendo ao trecho compreendido entre o Hotel Canários e o promontório do Cabo de Santo Agostinho, com cerca de 1,335 km de extensão, ficando posicionado no extremo sul da área estudada (praia de Gaibu). Esse setor, pela sua beleza cênica, é por demais fascinante e vem sendo habitado de maneira desordenada, acarretando, como efeito, o adensamento do processo erosivo (Fotos 6.23 e 6.24). Além disso, observou-se, também, contaminação de resíduos sólidos e líquidos, impactos sobre a fauna dos recifes e, em função dos bares, poluição sonora e visual.

Analisando-se os aspectos morfológicos, processos evolutivos, sedimentologia da praia, ocupação e invasão das areias de domínio marinho, encontrou-se evidências que mostraram que tanto a pós-praia como a faixa de praia apresentam frágil estabilidade ou leve tendência erosiva. Embora a pós-praia esteja bastante ocupada por construções, foi possível ainda detectar alguns coqueiros e vegetação rasteira, tipo gramínea. Minerais pesados também foram encontrados na pós-praia em áreas ainda não construídas.

A praia ou estirâncio apresentou largura em torno de 35 m e inclinação em torno de 3°. As areias exibiram uma granulometria média. Na superfície dessas areias, como na pós-praia, também foram observados, disseminados, de forma esporádica, minerais pesados.

Na antepraia, as areias apresentaram granulometria grossa. Os arenitos de praia apresentaram uma linha encoberta pela areia de praia. A zona de arrebenção posicionou-se a cerca de 150 m do final da zona de espraçamento.

## **6.2 Considerações Parciais**

O setor 1 requer a maior de atenção em função de englobar uma área estuarina formada pelos rios Jaboatão e Pirapama. Esse ecossistema está protegido pela Lei Nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986, que define como área de proteção ambiental as reservas biológicas constituídas pelas áreas estuarinas do Estado de Pernambuco.

O setor 2, apesar da presença de recifes (anteparos naturais, submersos, resguardando a linha de costa da ação das ondas), mostrou-se vulnerável durante o período monitorado.

No setor 4 sugere-se o posicionamento adequado dos bares e construções, das praias de Itapoama e Pedra do Xaréu, que ocupam a linha de berma e pós-praia com o propósito de não intervir na dinâmica costeira.

Com relação aos setores 5 e 6, no qual é relevante a presença de resíduos sólidos e/ou líquidos, se faz necessário uma eficaz limpeza da praia, no sentido de impedir que esses



Foto 6.23 - Coqueiros com as raízes expostas prestes a desabar, em função do processo erosivo instalado, na praia de Gaibu – PE.



Foto 6.24 – Vista parcial para Sul da praia de Gaibu, mostrando a ocupação da pós-praia e estirâncio.

resíduos, incluindo o lixo praial, sejam aprisionados pelos recifes, deixando inadequada a balneabilidade da praia.

Considerando ainda que, na área estudada, as correntes costeiras têm sentido preferencial Sul-Norte, faz-se necessário um trabalho de educação ambiental, para impedir que o lixo praial, dos setores 5 e 6, venha a poluir pequenos cursos d'água e praias mais a Norte.

O litoral da área estudada está inserido na Região Metropolitana do Recife, onde existem belas praias e acesso fácil o que lhe confere um grande potencial turístico que, pela própria dinâmica econômica, tem grande atenção voltada para o seu desenvolvimento. Sugere-se que se cumpra o que reza o documento intitulado “Projeto Pólo Litoral Sul” (Outubro de 2001). O referido documento faz um breve apanhado dos problemas e conseqüências causados ao meio ambiente paisagístico e de ecossistemas, tratando de algumas alternativas para solucionar e, até mesmo, evitá-los.

### 6.3 Sedimentologia do Ambiente Praial

A pesquisa dos processos sedimentares, fundamentando-se nas características granulométricas de sedimentos, vem sendo empregada, com vantagem, como ferramenta para o entendimento da dinâmica sazonal de ambientes sedimentares costeiros recentes (Bittencourt *et al.*, 1987), bem como para a caracterização dos processos deposicionais (Sagga, 1992). Estas características dizem respeito a um conjunto de parâmetros estatísticos que representam a distribuição granulométrica de sedimentos tais como: Média, Desvio Padrão, Assimetria e Curtose (Ponçano, 1986). As transformações deposicionais ou erosivas, ocorridas nos perfis de praia, são seguidas de mudanças no **padrão textural dos sedimentos ao longo do perfil costeiro (Bittencourt *et al.* 1987; Medina *et al.*, 1994).**

As variações texturais, observadas nos sedimentos litorâneos, podem estar relacionadas com as mudanças na energia de ondas, taxas de transporte e na influência de diferentes fontes de sedimentos ao longo da praia (Komar, 1976). A distribuição espacial dos sedimentos e a granulometria em um determinado trecho da costa, contém informações importantes no que diz respeito à fonte dos sedimentos (Liu & Zarillo, 1989; apud Guillén & Jimenez, 1995).

A relação entre o perfil de praia e os parâmetros texturais foi comprovada por Medina *et al.*(1994), e está ligada às variações morfológicas no perfil costeiro, espacialmente e temporalmente. Tais variações alteram de forma direta a distribuição de sedimentos ao longo de um perfil de praia e, por consequência, interferem nos processos hidrodinâmicos, os quais tendem a modificar a granulometria dos sedimentos.

A finalidade dos estudos sedimentológicos, realizados na área, foi classificar os sedimentos que representam o ambiente praial, estudando suas texturas ou propriedades por intermédio dos parâmetros estatísticos no que tange a sua tendência central, grau de dispersão e grau de assimetria, e sua composição mineralógica. Fazendo-se uma análise da sedimentologia, pode-se obter recursos para uma correlação entre as características texturais dos sedimentos e os vários ambientes que compõem a dinâmica deposicional. O estabelecimento de parâmetros de uso na identificação e caracterização do ambiente são objetivos das análises sedimentológicas. As medidas de tendência central são, possivelmente, os parâmetros estatísticos mais importantes, sendo também chamadas de média. A granulação média de um sedimento é relevante porque pode indicar a ordem de magnitude dos tamanhos das partículas. Define a granulometria que separa a amostra analisada em duas metades em peso, correspondendo a 50% da distribuição sobre os gráficos de freqüências acumulativas.

O grau de dispersão médio das curvas corresponde à tendência dos grãos em se distribuírem em torno do valor médio. Alguns agentes geológicos, como os ventos, podem atuar de tal modo a selecionar as partículas em função das suas granulações.

O grau de assimetria é representado pelo afastamento do diâmetro médio (média geral do tamanho dos sedimentos) da mediana (valor que ocupa o meio de uma série). Quando o diâmetro médio e a mediana se sobrepõem, tem-se uma distribuição simétrica, não podendo desta forma se determinar a assimetria. Ainda, com relação à assimetria, sabe-se que a interpretação dos valores deste parâmetro nas distribuições granulométricas de amostras de um corpo sedimentar elástico, visando a caracterização de seu ambiente deposicional, tem sido largamente utilizada na literatura (Bittencourt; 1992). A mais defendida utilização da assimetria como parâmetro estatístico sensível aos processos sedimentares é a sua característica de apresentar predominância de valores negativos nos sedimentos da face da praia (Mason & Folk 1958, Friedman 1961, 1967, 1979, Duane 1964, Mabesoone 1964, Martins 1965, Folk 1966, Hails 1967, Sestini 1967, Chappell 1967, Hails & Hoyt 1969, Bittencourt 1975 e Chaudhri *et al.* 1981, entre outros). Todavia, vários são os autores que não encontraram resultados significativos nesse sentido, como, por exemplo, Shepard & Young (1961), Bigarella & Popp (1966), Moiola & Weiser (1968), Solohub & Klován (1970), Chakrabarti (1977) e McLaren (1981). As argumentações de um lado e de outro ainda não são suficientes para por fim a tal dissensão.

A razão entre as dispersões da parte central e das caudas das curvas é definida como curtose. A assimetria e a curtose são os melhores parâmetros para diferenciação do ambiente (Mason & Folk, 1958). Valores extremos de curtose repassam a idéia de que o sedimento considerado guarda feições de uma fase prévia, em que o ambiente foi mais eficiente para promover a seleção do que o ambiente atual de deposição.

Na área estudada, na praia do Paiva, as análises sedimentológicas revelaram para a pós-praia, areias médias, moderadamente selecionadas, não havendo variações sazonais, fazendo-se exceção o mês de setembro de 97 no ponto de coleta P<sub>4</sub> (areia fina). A variação extrema da curtose, considerando-se todos os pontos de coletas, foi de muito platicúrtica a muito leptocúrtica, enquanto que a assimetria posicionou-se em aproximadamente simétrica ou assimetria positiva. As curvas acumulativas deste setor apresentaram uma relativa semelhança entre si, principalmente no tocante a sua forma (S), refletindo um transporte efetuado, em geral, por saltação. O baixo grau de dispersão dos grãos ocorreu em função da inclinação da curva (baixa obliquidade). Essa dispersão fraca é comprovada também pela grande quantidade de quartzo homogêneo, com a parte calcária muito reduzida sem

conseqüência sobre a repartição granulométrica. Curvas acumulativas de grande dispersão correspondem à zona sempre imergida, com maior conteúdo de calcário, a qual provém da acumulação de fragmentos de conchas (Ottmann *et al.*, 1959).

A praia ou estirâncio apresentou composição granulométrica, variando entre areia média e fina, conforme a energia das ondas. As areias mostraram-se bem selecionadas a moderadamente selecionadas, com assimetria entre muito negativa a muito positiva. A curtose, assim como na pós-praia, variou entre muito platicúrtica a muito leptocúrtica (considerando-se os valores extremos em todos os pontos de coletas). No ponto de coleta P<sub>6</sub>, é provável que tenha ocorrido erosão ou não deposição nos meses de maio a setembro de 97 e no restante, deposição e aumento de energia do ambiente, com misturas de populações diferentes. Quanto ao transporte de sedimentos, ocorre principalmente por saltação e, um pequeno percentual, por rolamento.

A maior variação textural foi observada no setor de antepraia, desde areia fina até grossa, bem selecionada a pobremente selecionada. A variação sazonal exibida foi relevante e as curvas acumulativas mostraram um grau de dispersão alto (zona sempre imergida). No ponto de coleta P<sub>4</sub>, ocorreram grandes variações da assimetria, desde muito positiva (muito assimétrica para finos), no período de junho a setembro de 97, até muito negativa, de outubro ao início de janeiro de 98. No final do último mês referido retornou a positiva. A curtose, nos pontos de coletas P<sub>4</sub> e P<sub>6</sub>, apresentou grande variação, onde se observou uma classificação desde muito platicúrtica até muito leptocúrtica.

Conforme já foi abordado no capítulo 3, as análises sedimentológicas no estirâncio foram feitas, nos locais dos perfis, praias (estações de coleta), em toda extensão da área estudada. Os diagramas mostrando os resultados das análises (média, desvio padrão e assimetria) feitas no setor correspondendo as nove estações, desde a praia do Paiva até a praia de Gaibu, durante o mês de outubro de 2003, podem ser observados na Figura 6.1. Constatase que as amostras coletadas encontram-se predominantemente enquadradas no intervalo de 1 a 2  $\Phi$ , areias médias, fazendo-se exceção apenas a estação 9 na praia de Gaibu, onde se obteve uma areia grossa (Figura 6.1 A)

A variação do desvio padrão nas amostras coletadas, neste mesmo setor, nas praias da área, reflete um processo de seleção que as classificam como moderadamente selecionadas, fazendo-se ressalva, apenas, à estação oito na praia de Gaibu, onde se encontrou areia bem selecionada. (Figura 6.1 B).

Com relação à assimetria, através de uma análise das amostras coletadas na face de praia na área estudada, nas nove estações, observa-se um comportamento negativo na praia do

Paiva, nas estações 1, 2 e 4, como também, na praia de Enseada dos Corais, na estação 7, enquanto que, nas estações 3, 5 e 6 (praia do Paiva) e 8 e 9 (praia de Gaibu) a assimetria comportou-se de forma positiva (Figura 6.1 C).

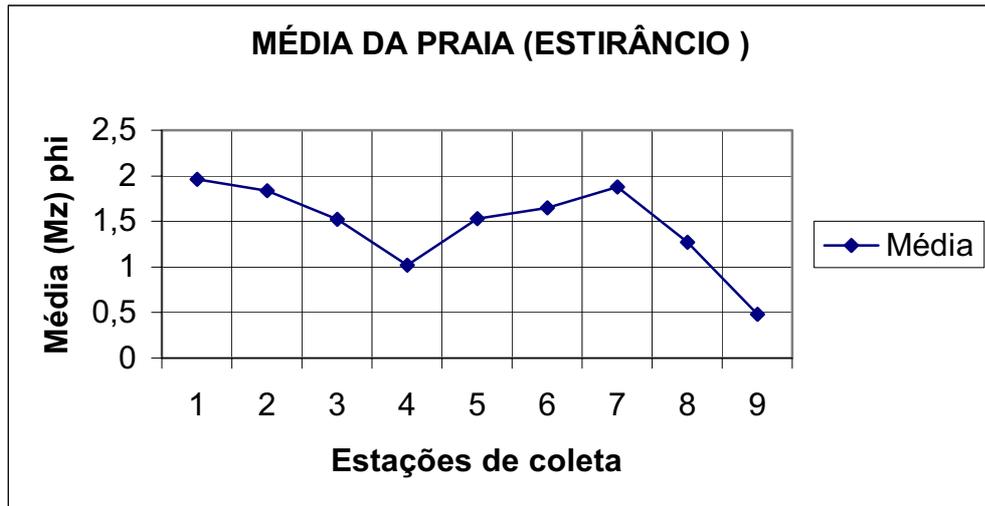
Voltando-se à polêmica em apreço no item 6.3, os resultados apresentados mostram que a assimetria negativa não é uma propriedade característica da face de praia, na referida área, no entanto, isto não deve ser entendido que se pretenda negar a utilidade do uso desse parâmetro estatístico na interpretação ambiental. A vasta literatura comprova o proveito da assimetria para tal finalidade como pode ser visto entre outros em Mason & Folk (1958), Duane (1964), Fox *et al.* (1966), Friedman (1979) e Chaudhri *et al.* (1981), porém, para este autor a assimetria precisa ser mais bem estudada para que se possa saber de fato, com precisão, o que interfere no seu, comportamento na face de praia.

#### **6.4 Análise Morfoscópica**

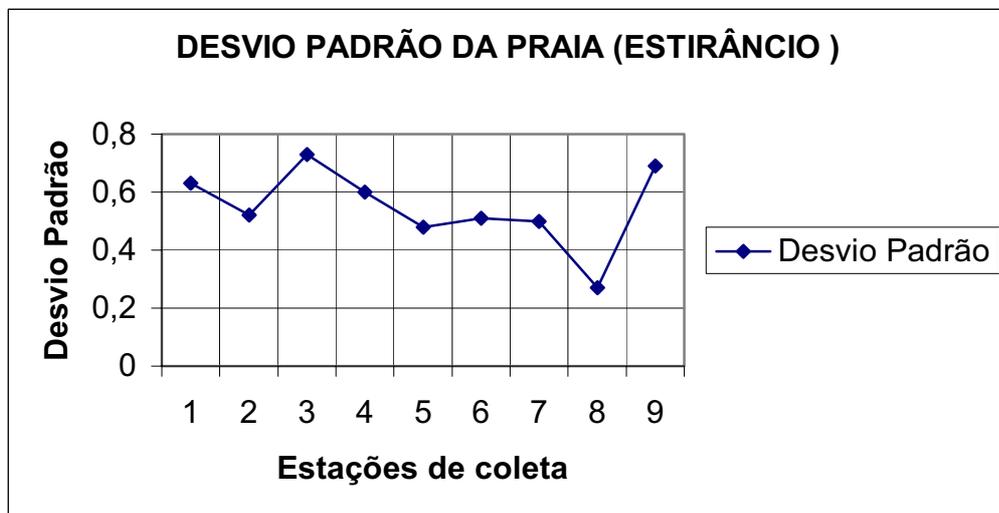
O estudo da morfoscopia das partículas sedimentares coletadas, nos meses de verão e inverno, revelou uma grande tendência das mesmas a se portarem como subarredondadas, quanto ao grau arredondamento, na pós-praia e antepraia e angulosas e subangulosas na praia. De uma maneira geral a esfericidade manteve-se média nos três setores.

A textura superficial mostrou-se predominantemente polida, como também fosca, em percentual menor, mas representativo (classificação de Bigarella *et al.*, 1955). Tal fato se deve, provavelmente, à ação das ondas nas zona de antepraia e estirâncio.

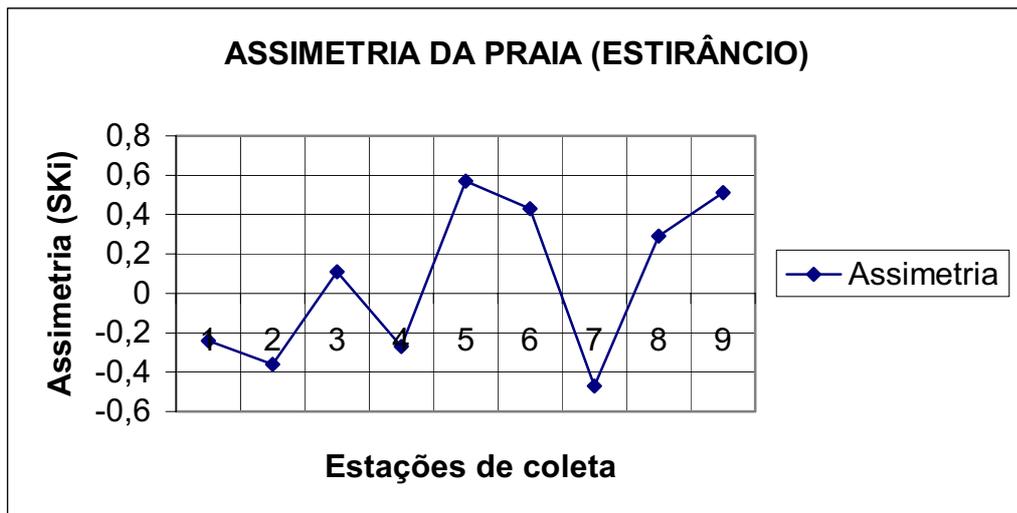
A composição mineralógica foi predominantemente quartzosa: quartzo hialino, quartzo com inclusões e, principalmente, quartzo com óxido de ferro. A parte biótica cresceu, em percentual, da pós-praia para antepraia, cerca de 30%, e observou-se que na antepraia as conchas estavam quase todas inteiras, enquanto que, na praia (zona de vai e vem das marés) a maior parte dos detritos estavam fragmentados. Na tabela 6.1, estão os resultados das análises morfoscópica e composicional.



(A)



(B)



(C)

Figura 6.1 - Diagramas com os resultados das análises dos parâmetros estatísticos, feitas no setor de estirâncio, nas estações de coleta da área estudada. (A) Média. (B) Desvio Padrão. (C) Assimetria.

Tabela 6.1 - Resultados, em percentagem, das análises morfológicas e composicional

SETOR	MÊS	TEXTURA SUPERFICIAL																						
		ARREDONDAMENTO					ESFERICIDADE				SAC.		MAM.		LISO		GRANULOMETRIA			COMPOSIÇÃO				
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,9	F	P	F	P	F	P	Fi	M	G	Q	K	B	F	O
P <sub>1</sub> /AP	06/97		X						X		X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /P	06/97			X			X				X								X	X			X	
P <sub>1</sub> /PP	06/97			X			X				X	X							X	X			X	
P <sub>1</sub> /AP	07/97			X					X		X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /P	07/97		X				X				X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /PP	07/97						x				X								X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /AP	30/01/98			X			X				X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /P	30/01/98		X				X				X								X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /PP	30/01/98			X			X				X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /AP	02/01/98		X				X				X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /P	02/01/98	X					X				X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>1</sub> /PP	02/01/98			X			X				X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /AP	06/97			X					X		X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /P	06/97	X					X				X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /PP	06/97		X				X				X	X		X					X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /AP	07/97			X	X				X		X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /P	07/97						X				X	X				X			X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /PP	07/97			X	X				X		X	X				X			X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /AP	02/01/98		X						X		X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /P	02/01/98								X		X	x							X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /PP	02/01/98			X	X		X				X	X				X			X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /AP	30/01/98						X		X		X	X							X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /P	30/01/98		X				X				X	X	X			X			X	X	X	X	X	
P <sub>3</sub> /PP	30/01/98		X				X				X	X				X			X	X	X	X	X	

## LEGENDA

## SETORES

AP = Antepraia P = Praia (estirâncio) PP = Pós-Praia

## ARREDONDAMENTO

0,1 = Angularo  
 0,3 = Sub-angularo  
 0,5 = Sub-arredondado  
 0,7 = Arredondado  
 0,9 = Bem arredondado

## ESFERICIDADE SUPERFICIAL

0,3 = Baixa  
 0,5 = Média  
 0,7 = Média  
 0,9 = Alta

## TEXTURA

F = Fosco  
 P = Polido  
 SAC. = Sacaroidal  
 MAM. = Mamelonar

## GRANULOMETRIA

F = Fina  
 M = Média  
 G = grossa

## COMPOSIÇÃO

Q = Quartzo  
 K = Feldspato  
 B = Componentes Bióticos  
 F = Fragmentos de Rochas  
 O = Minerais Opacos

## 6.5 Hidrodinâmica

A compreensão dos processos de hidrodinâmica, em zonas costeiras e estuarinas, depende de variáveis tais como: movimentação dos ventos e marés, das descargas fluviais do continente e da interação desses resultados com o relevo e a morfologia do ambiente. Desta maneira, o entendimento dos referidos processos torna-se bastante complicado.

As ondas que chegam à costa têm alturas diferentes. As mais altas quebram a profundidades maiores, gerando a zona de arrebenção.

Nas zonas de arrebenção e espraiamento, ocorre a dissipação de enorme quantidade de energia trazida pela ondulação oceânica, como função do trem de ondas e do tipo de arrebenção, dos quais dependem o perfil praiado e o tamanho dos grãos dos sedimentos.

Acontece uma estimável modificação na energia das ondas que incidem na costa no instante em que as mesmas se deparam com linha de recifes, tanto por haver perda de energia através da arrebenção, como por ocorrer modificação do espectro de ondas resultante, que é substituído por ondas de baixa frequência.

Funcionando como grandes barreiras naturais, os recifes tendem a concentrar a energia das ondas no lado interno, provocando a deposição de sedimentos através dos processos de refração e difração.

Na área estudada, foram feitas observações hidrodinâmicas nos pontos coincidentes com os perfis praiados P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, e P<sub>7</sub>. Estes perfis citados e outros serão abordados, detalhadamente, no capítulo 7.

### 6.5.1 Condições Hidrodinâmicas nos Pontos de Observação

**Ponto de Observação P<sub>2</sub> (Praia do Paiva)** - As observações hidrodinâmicas foram feitas, neste perfil, apenas nos meses de maio e outubro de 2003. Fazendo-se um estudo do padrão de ondas que incidem de forma direta no perfil 2 constata-se que, a altura média da onda, foi de 1,22 m no mês de maio de 2003 (inverno), com um período médio de 8,5 s, enquanto que no mês de outubro do mesmo ano (verão), mediu 1,11 m sendo o período médio de 7,6 s. Esse ponto de observação ficou caracterizado pela ausência de recifes e conseqüentemente por uma frente de onda que chega à zona de antepraia com forte energia, em função da lacuna deixada por esses amortecedores naturais. O ângulo de incidência das ondas permaneceu sempre frontal em relação à linha de praia e a deriva litorânea esteve sempre de Sul para Norte.

**Ponto de Observação P<sub>3</sub> (Praia do Paiva)** - Assim como no perfil anterior, P<sub>3</sub> também está caracterizado pela ausência de recifes, deixando este trecho da praia totalmente exposto à

ação das ondas. As observações hidrodinâmicas foram feitas nos meses de fevereiro e maio de 2003. Em fevereiro a altura média das ondas atingiu 1.16 m para um período médio de 7,6 s enquanto que em maio houve um ligeiro aumento na altura média das ondas passando para 1,19 m, para um período médio de 8,5 s. Assim como no ponto de observação anterior o ângulo de incidência das ondas com a linha de praia, nos meses monitorados, foi de 0° grau (frontal) e a corrente litorânea se posicionou sempre no sentido Sul-Norte.

**Ponto de Observação P<sub>5</sub> (Praia do Paiva)** - As observações hidrodinâmicas foram feitas no período de maio de 1997 até o final de março de 1998. Este ponto posicionado logo após o término de uma linha de recifes, apresentou altura média máxima da onda de 1,28 m no mês de setembro de 97, com um período médio de 10 s, enquanto que a mínima média, ocorreu no mês de julho de 97, medindo 0,89 m, sendo o período médio de 8 s. Em todos os pontos de observação, as alturas das ondas foram feitas na zona de arrebenção.

A corrente litorânea, quando foi possível medi-la, apresentou-se sempre no sentido S-N com velocidades geralmente de 0,5 m/s, ou próximas a este valor. Estes números são praticamente os mesmos da região do Porto de Suape, cujas velocidades na região interna dos recifes não ultrapassam os valores acima citados (Moreira, 1989).

Mais ao Norte deste ponto de observação ocorre linhas de recifes, onde as ondas se mostraram com frequência baixa, e o ângulo de incidência medido foi de 45°, no máximo, nos sentidos N-S e S-N. Essas variações, no ângulo de incidência e na direção, procedem das alterações nas frentes de ondas que, ao atingirem os recifes, sofrem difração.

**Ponto de Observação P<sub>6</sub> (Praia do Paiva).** As observações foram feitas de agosto de 1997 ao final de março de 1998. Neste ponto percebe-se alguns recifes submersos, que não representam anteparos eficientes para a ação das ondas. Os dados de altura média de ondas, observados na zona de arrebenção, mostraram uma variação de 1,08 m a 1,27 m, com predominância no intervalo de 1,11 m a 1,14m. O período médio oscilou entre 7,3 s e 9,5 s, com uma concentração entre 7,4 s e 7,8 s.

A corrente litorânea apresentou tendência para o sentido S-N, com velocidades concentradas entre 0,50 m/s e 0,52 m/s, enquanto que no mês de janeiro de 98 assumiu o sentido oposto. O ângulo de incidência das ondas com a linha de costa foi de 0° (frontal). As ondas são predominantemente do tipo deslizante.

**Ponto de Observação P<sub>7</sub> (Enseada dos Corais).** As observações foram feitas no ponto P<sub>7</sub>, nos meses de agosto de 2002 e fevereiro, maio e outubro de 2003. Nesse ponto também não se

nota a presença de recifes emersos e as ondas incidem diretamente na costa. O ângulo medido da frente de ondas com a linha de praia mediu  $0^\circ$  (frontal). As ondas foram, na maioria das vezes, do tipo deslizante, contudo, em maio de 2003, as mergulhantes também puderam ser registradas. A altura média máxima da onda foi de 1,2 m no mês de maio 2003, com um período médio de 7,5 s, enquanto que a mínima média, ocorreu no mês de fevereiro de 2003, medindo 0,82m, sendo o período médio de 7,4 s. A corrente litorânea apresentou-se no sentido S-N e quando foi possível medi-la (fevereiro de 2003) atingiu valores mais baixos comparados a outros pontos de observação, cerca de 0,1 m/s.

Na tabela 6.2 encontram-se todos os dados hidrodinâmicos obtidos durante o período considerado.

## 6.6 Classificação Morfodinâmica

A Escola Australiana de Geomorfologia vem se destacando, nas últimas décadas, por apresentar trabalhos mais dinâmicos, com a finalidade de obter uma melhor explicação, no que diz respeito às variações observadas nas praias e na zona de surfe. Entre os trabalhos que se destacam nesta área, de diversos autores, podemos chamar a atenção para o de Wright *et al.* (1979), e Wright & Short (1984). O primeiro trabalho condiciona o estado morfodinâmico de uma praia ao resultado dos elementos morfológicos, granulométricos e energéticos, enquanto que o segundo diz respeito ao desenvolvimento de um modelo de variabilidade espacial da praia e de zona de surfe, reconhecendo seis estágios morfológicos. Esses estágios, ou estádios morfológicos, estão associados a diferentes regimes de ondas e marés, e caracterizam-se por dois estágios extremos (dissipativo e refletivo) e quatro intermediários.

No estado dissipativo a zona de surfe é larga, apresenta baixo gradiente topográfico e elevado estoque de areia, sendo também baixo o gradiente da praia (Figura 6.2a). Ocorre sob condições de ondas altas e de elevada declividade ou na presença de areias de granulometria fina.

O estado refletivo, em contra partida, é caracterizado por elevados gradientes de praia, e fundo marinho adjacente, o que praticamente elimina a zona de surfe e sedimentos de granulação grosseira (areia e cascalho). A berma de praia é elevada devido à velocidade de espraiamento da onda (Figura 6.2f). O estoque de areia na zona submersa é baixo.

Os estados intermediários são caracterizados por uma progressiva redução da largura da calha longitudinal (*longshore trough*), em decorrência da migração do banco submarino da zona de arrebentação em direção à praia (Figura 6.2b a 6.2e), o que, por sua vez, é uma resposta às variações nas características hidrodinâmicas.

Tabela 6.2 – Dados hidrodinâmicos e morfodinâmicos da área estudada.

			Onda			C.L.			C.P.			
P	mês	A.M.(m)	P.M.(s)	Inc.	Tipo	V.	D.	D.V.	L.P(m)	C(m)	D.E.	
P - 2	Mai/03	1,12	8,5	O° Frontal	Deslizante		S-N					
P - 2	Out/03	1,11	7,6	O° Frontal	Deslizante		S-N					
P - 3	Fev/03	0,83	7	O° Frontal	Deslizante		S-N					
P - 3	Mai/03	1,19	8,5	O° Frontal	Deslizante		S-N					
P - 5	Mai/97	0,98	8,8	5°	Deslizante	0,5	S-N	325°AZ		não	3°	
P - 5	Jun/97	1,25	9,8	O° Frontal	Deslizante	0,47	S-N	285°AZ	55,62	não	2°	
P - 5	Jul/97	0,89	8	O° Frontal	Deslizante	...	...	SE-NW	47,39	não	9°	
P - 5	Ago/97	1,05	7,9	O° Frontal	Deslizante	...	...	330°AZ	40,28	não	...	
P - 5	Set/97	1,28	10	O° Frontal	Deslizante	...	...	SE-NW	56,05	não	...	
P - 5	Out/97	1,22	9,3	O° Frontal	Deslizante	0,5	S-N	...	44,74	26m	...	
P - 5	Nov/97	1,23	8,9	O° Frontal	Deslizante	0,12	S-N	...	34,57	30m	...	
P - 5	Dez/98	1,09	13,7	O° Frontal	Deslizante	...	...	...	38,9	31m	7°	
P - 5	Jan/98	1,13	8,1	O° Frontal	Deslizante	0,35	S-N	...	30,93	não	...	
P - 5	Fev/98	1,11	8,3	O° Frontal	Deslizante	...	...	295°AZ	46,34	não	...	
P - 5	Mar/98	1,11	8,8	O° Frontal	Mergulhante	...	...	290°AZ	33,96	não	...	
P - 5	Abr/98	1,12	7,5	O° Frontal	Deslizante	...	...	280°AZ	38,76	não	5°	
P - 6	Ago/97	1,08	7,7	O° Frontal	Deslizante	0,28	...	...	41,92	não	...	
P - 6	Set/97	1,21	9,5	O° Frontal	Deslizante	0,5	S-N	270°AZ	48,53	não	...	
P - 6	Out/97	1,27	8,8	O° Frontal	Deslizante	0,5	S-N	270°AZ	45,14	28m	...	
P - 6	Nov/97	1,04	7,4	O° Frontal	Deslizante	0,58	...	...	46,28	27m	7°	
P - 6	Dez/98	1,2	8,9	O° Frontal	Mergulhante	0,27	...	250°AZ	41,62	não	3°	
P - 6	Jan/98	1,14	7,8	O° Frontal	Deslizante	0,52	N-S	280°AZ	43,77	não	...	
P - 6	Fev/98	1,11	7,8	O° Frontal	Deslizante	...	S-N	312°AZ	44	não	...	
P - 6	Mar/98	1,14	7,4	O° Frontal	Mergulhante	...	...	305°AZ	47,91	não	...	
P - 6	Abr/98	1,13	7,3	O° Frontal	Deslizante	...	...	260°AZ	43,96	não	...	
P - 7	Ago/02	1,14	8,2	O° Frontal	Deslizante		S-N					
P - 7	Fev/03	0,82	7,4	O° Frontal	Deslizante		S-N					
P - 7	Mai/03	1,2	7,5	O° Frontal	Deslizante		S-N					
P - 7	Out/03	1,17	6,8	O° Frontal	Deslizante		S-N					

### Legenda

P – Perfil	D.V. – Direção do Vento	L.P. – Largura da Praia	M – Metros
E – Espraçamento	P.M. – Período Médio	D. E. – Declividade do estirâncio	C – Cúspides
A – Arrebentação	C.L. – Corrente Litorânea	V – Velocidade	
A.M. – Altura Média	Inc. – Ângulo de Incidência	D – Direção	
C.P. – Cúspides Praiais			

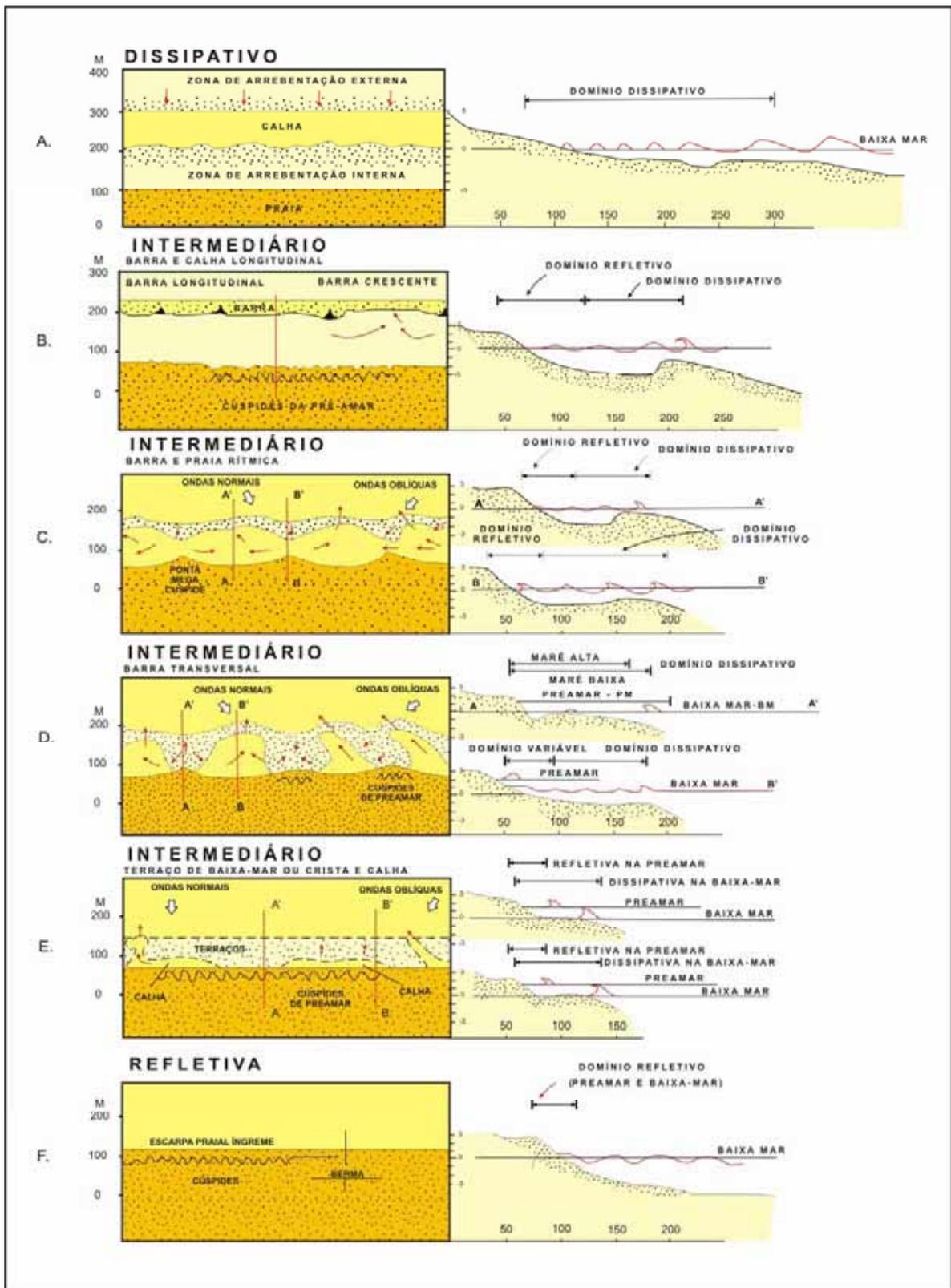


Figura 6.2 – Configurações, em perfil e planta, dos seis estágios de Praia (Wright & Short, 1984).

Uma praia pode variar muito em sua configuração em relação ao seu estado mais modal ou freqüente. Esta variabilidade é função do clima de ondas, das marés, dos ventos e das características sedimentológicas da mesma.

A relação entre o estágio de uma praia e as características das ondas e dos sedimentos, foi estabelecida por Wright & Short (1984), utilizando o parâmetro adimensional ômega ( $\Omega$ ) de Dean (1973). De acordo com este autor, este parâmetro é determinado conhecendo-se a altura da onda da zona de arrebentação ( $H_b$ ), a velocidade de sedimentação do grão ( $W_s$ ) e o período da onda ( $T$ ), através da seguinte relação:

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s \cdot T}$$

Os valores médios de  $\Omega$ , para diversos estágios, foram fixados por Wright et al. (1985) e se caracterizam do seguinte modo:  $\Omega < 1,5$ , a praia permanecerá no extremo refletivo;  $\Omega > 5,5$ , a praia permanecerá completamente dissipativa e para valores de  $1,5 < \Omega < 5,5$ , a praia tende a permanecer em um dos estágios intermediários.

Através da aplicação dos conceitos acima enunciados, procurou-se classificar alguns trechos da praia estudada no tocante ao ponto de vista morfodinâmico.

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 6.3 e foram calculados através dos parâmetros da onda ( $H_b$  e  $T_s$ ) e dos valores do diâmetro médio ( $M_z$ ) da face de praia, obtidos quando da realização dos perfis topográficos. No cálculo da velocidade de queda do grão ( $W_{m/s}$ ) utilizou-se a temperatura de 24°C.

Em razão da morfologia irregular do fundo na área, e ainda pela presença de recifes, contribuindo para a formação de fenômenos de refração e difração, que podem interferir no cálculo do parâmetro de Dean, a altura de onda ( $H_b$ ), foi medida na zona de arrebentação.

Analisando-se a tabela 6.3 constata-se que o cálculo de  $\Omega$  foi feito em cinco pontos distintos, nos perfis P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>. Os períodos de maio a agosto de 1997, setembro a dezembro de 1997 e janeiro a março de 1998 foram selecionados para o cálculo do referido parâmetro, nos pontos P<sub>5</sub> e P<sub>6</sub>. No restante, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, e P<sub>7</sub> foram usados para o mesmo cálculo o mês de maio de 2003. A partir dos valores encontrados, verificou-se que a praia de Enseada dos Corais (ponto de observação P<sub>7</sub>) é dissipativa enquanto que o restante das praias da área em estudo, onde foram feitas observações morfodinâmicas, se enquadraram como intermediárias.

Exceção ocorreu nos pontos de observação P<sub>2</sub> e P<sub>6</sub> (praia do Paiva), nos períodos de maio de 2003 e janeiro a março de 1998 respectivamente, que apresentaram caráter dissipativo.

Tabela 6.3 – Cálculo do parâmetro de Dean (1973), e classificação morfodinâmica, segundo Wright & Short (1984), para o litoral da área estudada.

LOCAL DE AMOSTRAGEM E PERÍODO	$H_b$ (m)	T(s)	$M_s(\Phi)$	$M_s$ (mm)	$W_s$ (mm/s)	$W_s$ (m/s)	$W_s T$	$\Omega$	CLASSIFICAÇÃO
P2 – 05/03	1,2	8,5	1,66	0,31	25,8	0,0258	0,21	5,71	DISSIPATIVO
P3 – 05/03	1,1	8,5	1,57	0,33	25,8	0,0258	0,21	5,23	INTERMEDIÁRIO
P5 – 05 a 08/97	1,0	8,3	1,54	0,34	25,8	0,0258	0,21	4,76	INTERMEDIÁRIO
P5 – 09 a 12/97	1,2	9,4	1,45	0,36	25,8	0,0258	0,24	5,00	INTERMEDIÁRIO
P5 – 01 a 03/98	1,1	8,2	1,57	0,33	25,8	0,0258	0,21	5,23	INTERMEDIÁRIO
P6 – 05 a 08/97	1,0	8,0	1,21	0,43	25,8	0,0258	0,20	5,00	INTERMEDIÁRIO
P6 – 09 a 12/97	1,1	8,6	1,66	0,31	25,8	0,0258	0,22	5,00	INTERMEDIÁRIO
P6 – 01 a 03/98	1,1	7,6	1,59	0,33	25,8	0,0258	0,19	5,78	DISSIPATIVO
P7 – 05/03	1,2	7,5	1,45	0,36	25,8	0,0258	0,19	6,31	DISSIPATIVO

#### LEGENDA

$H_b$ (m) – Altura média das ondas em metros.	$M_s(\Phi)$ – Diâmetro médio do grão em $\Phi$ .
T(s) – Período médio das ondas em segundos.	$M_s$ (mm) – Diâmetro médio do grão em mm
$W_s$ (mm/s) – Velocidade de queda do grão em mm/s.	$\Omega$ – Parâmetro de Dean
$W_s$ (m/s) – Velocidade de queda do grão em m/s.	

## 6.7 Considerações Parciais

Em todos os pontos de observações, o ângulo de incidência das ondas com a linha de costa, na maior parte das vezes, frontal, fazendo-se exceção apenas, o ponto P<sub>5</sub> no mês de maio de 1997 que mediu 5°.

A corrente costeira, durante o período monitorado, quando foi possível medi-la, foi sempre de Sul para Norte, com velocidades de 0,5 m/s, ou próximas a este valor, e as ondas foram, predominantemente, do tipo deslizante.

As maiores alturas de ondas ocorreram no ponto de observação P<sub>5</sub> (praia do Paiva), com cerca de 1,28 m para um período de 10 s enquanto que as menores foram medidas no ponto de observação P<sub>7</sub> (praia de Enseada dos Corais), com cerca de 0,82 m para um período de 7,4 s.

Do ponto de vista morfodinâmico, os modelos mais utilizados em estudos de morfodinâmica de praias pertencem à chamada escola australiana, que teve como marco inicial os estudos pioneiros de Wright et al. (1979) e Wright & Short (1984) e que culminaram com a publicação de um modelo evolutivo baseado na descrição de seis estágios praias observados em praias australianas.

Pode-se definir o estágio modal de uma praia como sendo o estágio morfodinâmico mais recorrente, o qual reflete as próprias condições energéticas mais freqüentes no ambiente. Conforme Wright & Short (1984), a morfologia de uma praia para um dado momento é função não só das características do sedimento que a compõe, do clima de ondas, marés e ventos imediatos, mas também do seu estado morfodinâmico antecedente.

O estudo morfodinâmico realizado nos pontos de observação nas praias da área estudada, com o propósito de classificá-las em função do Parâmetro de Dean, apresentou valores que a definem, morfologicamente, como intermediária, fazendo-se exceção, a praia de Enseada dos Corais (maio/03) e a do Paiva (nos pontos de observação P<sub>2</sub> e P<sub>6</sub>), nos períodos de maio de 2003 e janeiro a março de 1998, respectivamente, que apresentaram caráter dissipativo.

## 6.8. Placeres Marinhos

Placeres (*placers*) são acumulações sedimentares constituídas pela concentração mecânica de minerais detríticos de valor econômico, abrangendo diversos bens metálicos ou pedras preciosas, com a origem iniciando-se pelo intemperismo e erosão de rochas-fonte, sobretudo ígneas, mas também de rochas metamórficas e sedimentares. Estes minerais detríticos são em regra conhecidos como “minerais pesados”, devido a sua alta peso específico (entre 21 e 2,9 g/cm<sup>3</sup>) superior à do quartzo (2,65 g/cm<sup>3</sup>), segundo Emery e Noakes (1968).

Os placeres são formados por minerais pesados “pesados” (peso específico entre 21 e 6,8 g/cm<sup>3</sup>), por minerais pesados “leves” (peso específica entre 5,3 e 4,2g/cm<sup>3</sup>) e por gemas (peso específico entre 4,1 e 2,9g/cm<sup>3</sup>).

Os pesados “pesados” são transportados apenas por curtas distâncias (15 a 20 Km) e englobam principalmente o ouro, a platina e a cassiterita. Os pesados “leves” chegam mais comumente às zonas costeiras, concentrando-se em ambientes de deposição de alta energia. Eles compreendem principalmente a ilmenita, o rutilo, o zircão, a monazita e a magnetita. Entre as gemas destaca-se o diamante, que se concentra principalmente em aluviões, mas também em praias e na plataforma continental.

Nas regiões costeiras e plataforma continental, os depósitos de minerais pesados têm sua gênese associada aos fenômenos de erosão, transporte e deposição de sedimentos pela ação das ondas e correntes costeiras, em íntima associação com as modificações decorrentes das variações eustáticas do nível do mar que caracterizaram todo o período Quaternário (Emery & Noakes; 1968).

Devido a estas modificações no nível marinho, muitas concentrações são também associadas a depósitos fluviais, que recobriam grande parte da plataforma continental, exposta durante fases de nível de mar baixo e que foram posteriormente afogadas pela transgressão marinha que ocorreu no final do Pleistoceno e início do Holoceno. É possível que, com a exclusão do sal marinho, os placeres de minerais pesados tenham sido os primeiros depósitos minerais marinhos explorados pelo homem. As principais atividades de mineração de pláceres marinhos concentram-se hoje na plataforma continental da Namíbia e África do Sul, onde se extrai o diamante, e no sudeste da Ásia, onde é explotada a cassiterita. Importantes extrações dos minerais ilmenita, zircão, rutilo e monazita, ocorrem na Austrália, Sri Lanka, Índia e também no Brasil. Atividades importantes de extração de ouro ocorreram nas praias e plataforma continental do Alaska, encerrando-se na década de 90.

No Brasil, as principais áreas de exploração de minerais pesados são associadas a placeres interligados a terraços marinhos elevados situados acima, ou adjacentes a falésias da Formação Barreiras, no litoral sul da Bahia, Espírito Santo e norte do Estado do Rio de Janeiro. No Sudeste (Espírito Santo), um exemplo típico de concentrações de minerais pesados se dá na praia de Areia Preta em Guarapari. A coloração preta dessa praia é proveniente da presença da ilmenita, enquanto a monazita é responsável pelas propriedades terapêuticas da mesma. Estas ocorrências, que já são conhecidas desde o século XIX, tiveram como rocha fonte os sedimentos semi-consolidados da Formação Barreiras que foram erodidos pela ação das ondas e correntes costeiras, formando falésias e plataformas de abrasão, sobre as quais situam-se os placeres marinhos. No Nordeste, o depósito mais importante do Brasil de ilmenita e rutilo, situa-se no estado da Paraíba no município de Mataraca produzido na mina Guaju (Fotos 6.25 e 6.26). As reservas de ilmenita são de 4.208 X (10<sup>3</sup>t) enquanto que as de rutilo de 96 X (10<sup>3</sup>t). As dunas da mina Guaju são depósitos conhecidos como *mineral sands*. São pláceres do Quaternário que repousam sobre sedimentos argilo-arenosos lateritizados e endurecidos da Formação Barreiras, do Terciário (DNPM, 1983).

Para o estudo dos placeres existentes na área utilizou-se, na prospecção geofísica, a radiometria (método de análise baseado nas radiações nuclear de certos minerais). Os placeres de areias monazíticas despertam interesse de pesquisa no sentido de verificar se esta associação mineral pode ser utilizada para fins medicinais. Isto seria também notório como mais uma fonte de atração turística para o município do Cabo de Santo Agostinho.

### **6.8.1 Estudo dos Minerais Pesados da Área Estudada**

A literatura mostra que os trabalhos realizados voltados para pesquisa de minerais pesados na área estudada são muito escassos, contudo, pode-se ressaltar o trabalho de Silva (1959), intitulado, “Estudo mineralógico de areias do litoral de Pernambuco”. Neste trabalho, o referido autor faz uma análise mecânica (seg Wentworth), determinando o teor de insolúveis e de calcáreos e as percentagens de minerais leves e pesados de 120 amostras de areias na faixa costeira do Estado de Pernambuco. Também efetuou a contagem dos minerais presentes nas frações. Do total das 120 amostras do trabalho referido, 29 encontram-se na área estudada, distribuídas conforme a Tabela 6.4.



Foto 6.25 - Dunas em lavra na mina Guaju, Mataraca – PB.



Foto 6.26 - Formação e configuração da duna de rejeito, Mataraca – PB.

Tabela 6.4 Distribuição das amostras coletadas na área estudada para análise

LOCAL	Nº DE AMOSTRAS COLETADAS
<b>Estuário do rio Jaboatão</b>	6
<b>Praia do Paiva</b>	4
<b>Praia de Itapoama</b>	4
<b>Praia da Ponta das Pedras Pretas</b>	2
<b>Praia do Boto</b>	2
<b>Praia de Gaibu</b>	11

Os resultados das análises das amostras presentes na área com os percentuais de minerais leves e pesados podem ser observados na Tabela 6.5. A referida tabela identifica, ainda, os minerais pesados presentes nas amostras como também o número de grãos contados, quando o teor dos mesmos é superior a 1%.

A abundância de cada um dos minerais pesados, presentes nas amostras do estuário do rio Jaboatão e praias da área estudada pode ser observada na Tabela 6.6. O gráfico mostrando os percentuais de minerais leves e pesados está sendo mostrado na Figura 6.3.

Arrais (1991) em trabalho realizado na região de Suape, próximo à área estudada, através de lupa binocular e difratometria de raio X identificou a seguinte associação mineralógica de minerais pesados: ilmenita, limonita, zirconita, monazita, rutilo, silimanita, magnetita e turmalina. Acessoriamente, a presença de: anfibólio, epidoto estauroлита, cianita, andaluzita, granada e topázio. Fazendo-se uma análise das associações mineralógicas referidas acima, pode-se concluir que a fonte mais provável para os minerais pesados dos depósitos estudados pelo referido autor, são rochas metamórficas.

### 6.8.2 Cálculo do *Background*

A demonstração de como foram processados os dados obtidos no trabalho de campo para determinação do *background* foi a seguinte: O cálculo do intervalo de classe procurado foi feito pela fórmula de Stuges.

#### 1º Passo: Determinação do caráter das leituras

Maior	Menor	A	N	It
750	10	740	80	100

Tabela 6.5 – Percentuais de minerais leves e pesados das amostras da área, adaptado de Silva (1959).

Local	Amostras	Minerais Leves (%)	Minerais Pesados (%)	M. Pesados (Identificação)	Grãos Contados
Estuário do rio Jaboatão	1	78	16	I,Z,L,G,M,R,T,Ho,A	476
	2	93	X	I, Z, G, M, T	-
	3	90	X	I, Z, L, G, R	-
	4	92	X	X	
	5	80	3	I, Z, L, M, G	262
	6	85	X	G	-
Paiva	7	97	X	I,Z,L,G,T,H,	-
	8	96	X	-	
	9	59	39	I,Z,L,G,M,C,R,	207
	10	66	32	I,Z,L,G,M,Ho	219
Itapoama	11	2	98	I,Z,L,M,G,	485
	12	97	X	I,Z,G,	
	13	85	5	I,Z,M,G	182
	14	63	35	I,Z,L,M,G,R,	278
Pedra do Xaréu	15	96	X	I,Z,L,A	-
	16	94	X	I,Z,L	-
Enseada dos Corais	17	94	4	I,Z,L,M,G	187
	18	85	13	I,Z,L,M,G	241
Gaibu	19	85	12	I,Z,L,M,R,G,Ho,Ap,Le	511
	20	97	X	I,Z,L,O	-
	21	97	X	I,Z,L,M,G,O	-
	22	95	X	I,Z,L,M,G,O,C	-
	23	97	X	I,Z,L,M,O	
	24	84	X	-	-
	25	48	50	I,Z,L,M,O,Ho	399
	26	63	36	I,Z,L,G,M	270
	27	67	32	I,Z,L,G,M	207
	28	87	13	I,Z,L,G,	200
	29	16	84	I,L,G,M,O	320

## Legenda

A – Augita Ap – Apatita C – Cianita G – Granada H – Hematita Ho – Hornblenda  
 I – Ilmenita L – Limonita M – Monazita O – Olivina R – Rutilo T – Turmalina Z - Zircão  
 Le - Leucoxênio X – Teor de minerais pesados inferior a 1%

Tabela 6.6 – Identificação dos minerais pesados em cada uma das amostras da área estudada com seus respectivos percentuais.

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Augita	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apatita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cianita	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Granada	R	X	X	-	X	-	X	-	R	X	R	-	R	X	-	-	X	R	X	-	X	-	-	-	-	X	R	R	R
Hematita	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hornblenda	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Zircão	C	X	X	-	C	-	X	-	C	C	C	X	C	C	X	X	C	C	C	X	X	X	X	-	A	C	P	C	C
Ilmenita	A	X	X	-	A	-	X	-	D	D	A	X	A	A	X	X	D	D	A	X	X	X	X	-	D	D	D	D	D
Limonita	P	-	X	-	R	-	X	-	P	P	C	X	-	R	X	X	P	P	R	R	X	X	X	-	R	X	R	P	P
Monazita	-	X	X	-	R	-	-	-	X	X	R	-	R	R	-	-	X	R	R	-	X	X	X	-	X	R	R	-	R
Olivina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	-	-	X
Rutilo	X	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turmalina	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LEGENDA		
Símbolo	Denominação	Porcentagem
F	Ultradominante (Flood)	75-100
D	Dominante	50-75
A	Abundante	25-50
C	Comum	10-25
P	Presente	5-10
R	Raro	1-5
X	Traços	<1

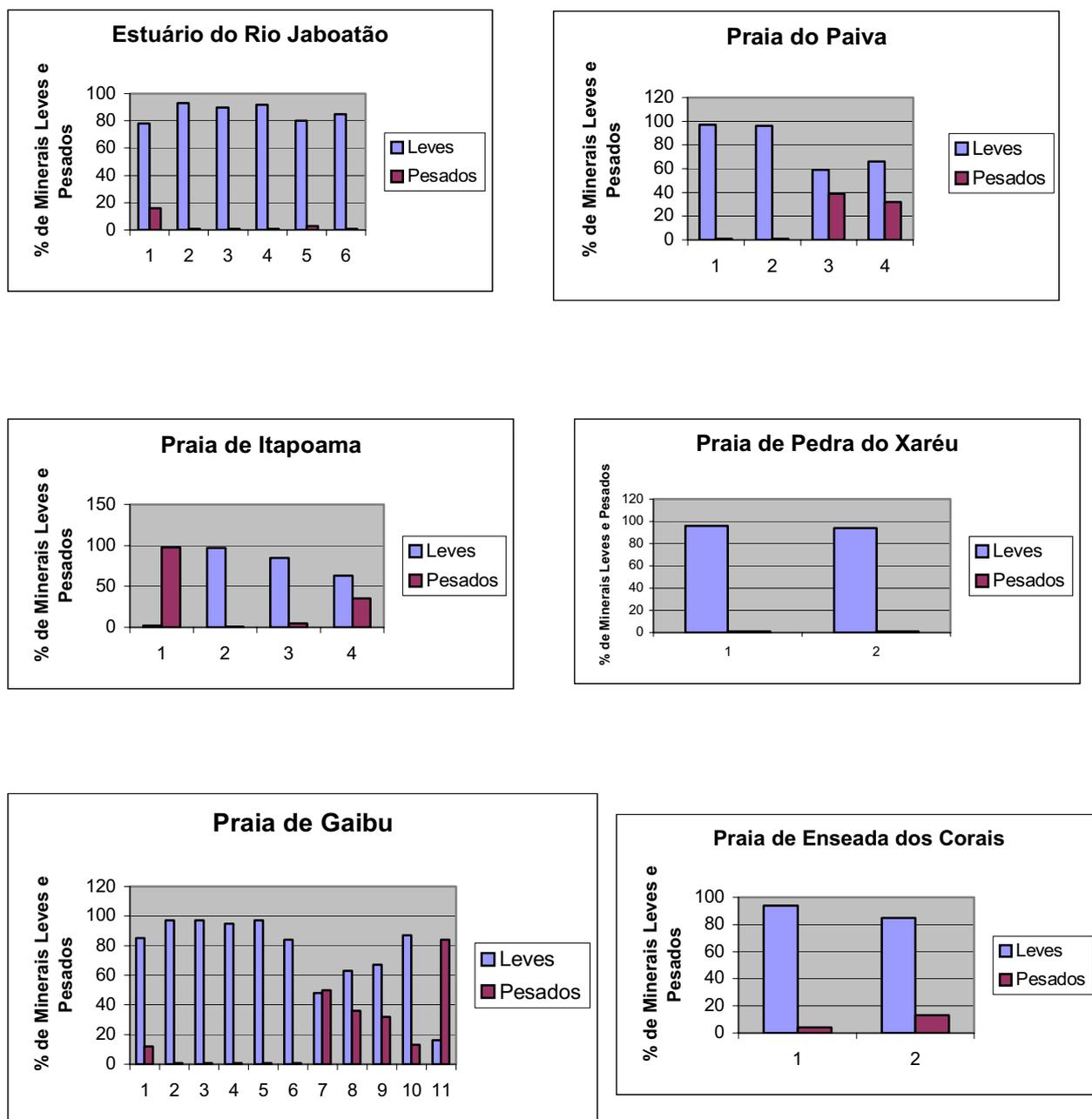


Figura 6.3 – Gráfico mostrando os percentuais de minerais leves e pesados das amostras do rio Jaboatão e praias da área estudada.

### Fórmula de Stuges

$$I_t = \frac{A}{1 + 3,32 \log N}$$

$I_t$  – Intervalo de classe procurado

$$I_t = \frac{740}{1 + 3,32 \cdot \log 80} \therefore I_t = 100$$

A – Amplitude da população

N – Número de dados

### 2º Passo - Confeção da tabela de intervalo de classe

Limite de classe
10-110
110-210
210-310
310-410
410-510
510-610
610-710
710-810

Limite de classe	Frequência $F_i$	Ponto Central $I_i$	$\ln I_i$	$F_i \cdot \ln I_i$	$F_i \cdot (\ln I_i)^2$
10-110	53	60	4,09	216,77	886,59
110-210	4	160	5,08	20,32	103,23
210-310	6	260	5,56	33,36	185,48
310-410	5	360	5,89	29,45	173,46
410-510	6	460	6,13	36,78	225,46
510-610	2	560	6,33	12,66	80,14
610-710	3	660	6,49	19,47	126,36
710-810	1	760	6,33	6,33	40,07
	$\sum F_i = 80$	$\sum I_i = 3280$	$\sum \ln I_i = 45,9$	$\sum F_i \cdot \ln I_i = 375,14$	$\sum F_i \cdot (\ln I_i)^2 = 1820,79$

### 3º Passo - Cálculo do *Background*

$$Mg = \text{anti log} \frac{\sum F_i \cdot \ln I_i}{N} = \text{Background} \therefore Mg = 109$$

$$Sg = \text{anti log} \sqrt{\frac{\sum F_i \cdot (\ln I_i)^2}{N} - \left(\frac{\sum F_i \cdot \ln I_i}{N}\right)^2} = 2,41$$

**Background = Média geométrica = Mg = 109 e Desvio padrão = Sg = 2,41**

Anomalia de 1ª ordem $MgxSg^3$	Anomalia de 2ª ordem $MgxSg^2$	Anomalia de 3ª ordem $MgxSg$
1525,72	633,08	262,69

### 6.8.3. Considerações Parciais

A correlação entre a sazonalidade e a distribuição dos minerais pesados entre a praia de Gaibu e do Paiva, até o estuário do rio Jaboatão, indica que no inverno, provavelmente quando a ação das ressacas está mais forte, os minerais pesados se depositam na escarpa de praia (local onde o cintilômetro registrou as maiores leituras na área ou anomalias), enquanto que no verão eles se mostram, em geral, distribuídos entre a escarpa de praia e o estirâncio.

A concentração dos minerais pesados entre a escarpa de praia e o estirâncio é devida ao espraiamento e refluxo de onda na praia. Quando a onda sobe na rampa que forma o estirâncio, conduz os sedimentos, em um mesmo momento em que uma porção de água se infiltra e volta para o mar em subsuperfície. Assim, o volume de água que reflui na superfície é menor, diminuindo a capacidade de transporte de sedimento. O efeito é o desenvolvimento de depósitos residuais.

A deposição dos minerais pesados (placers de praia) é mais freqüente na Praia de Gaibu, onde foram registradas as maiores anomalias. No entanto, ocorrem registros representativos na praia do Paiva, Itapoama (traquito) e no estuário do rio Jaboatão (*Spit*) (Fotos 6.27 e 6.28).

O estudo mineralógico realizado nas areias do estuário do rio Jaboatão e praias da área estudada, também confirmam maior concentração de minerais pesados (placers de praia) nos locais referidos acima (Figura 6.4).

É importante chamar a atenção também, que nos poucos terrenos ainda não construídos que restam, situados no setor de pós-praia, foram registradas algumas anomalias, em torno de 6000 cps. Isto leva a conjecturar que, possivelmente, neste setor existam registros de valores limiares que não podem ser medidos, em função da ocupação por construções inadequadas que se posicionam, até mesmo, no estirâncio.

Os placers de praia, em geral, estão associados a areias que apresentam granulometria que varia entre média e fina, tanto na escarpa de praia como no estirâncio, havendo, contudo, uma predominância dos mesmos nas areias médias. É provável que eles procedam de uma fonte próxima. Possivelmente, em Gaibu, do granito do Cabo de Santo Agostinho e no trecho Paiva – Itapoama seriam resultante da decomposição do traquito de Pedra do Xaréu como



Foto 6.27 – Concentração de minerais pesados na interface entre a faixa de praia (estirâncio) e a pós-praia na praia do Paiva, litoral Sul de Pernambuco.



Foto 6.28 - Setor de praia (estirâncio) nas proximidades do rio Jaboatão onde foram registradas algumas anomalias radiométricas.

também do granito referido acima. Uma outra procedência de tais depósitos seria da plataforma, já que suas características (suave declive) favorecem tal fato.

As amostras que apresentaram elevado teor de minerais pesados, próximo ou acima de 50%, são provenientes de dois trechos: - Paiva – Itapoama e Gaibu – baías.

Do total de amostras de areias analisadas cerca de 52% continham mais de 1% de minerais pesados, 6,8 % apresentaram valores superiores a 50% dos mesmos e 48% valores inferiores a 1%.

O baixo *background* encontrado (109 cps) e as observações de campo evidenciaram que os depósitos de placers ocorrem apenas superficialmente, não sendo, a princípio, representativos a níveis de radiação nem tão pouco para fins medicinais como as de Guarapari no Espírito Santo (Figura 6.4). Porém, o fato da faixa costeira no Estado de Pernambuco ser considerada estável, com a orla oceânica apresentando plataforma de suave declividade em relação ao mar, justifica que se prossiga com as pesquisas nestas áreas, inclusive porque as ocorrências mundiais dos depósitos de placers, segundo a literatura, se posicionam em faixas costeiras com tais características.

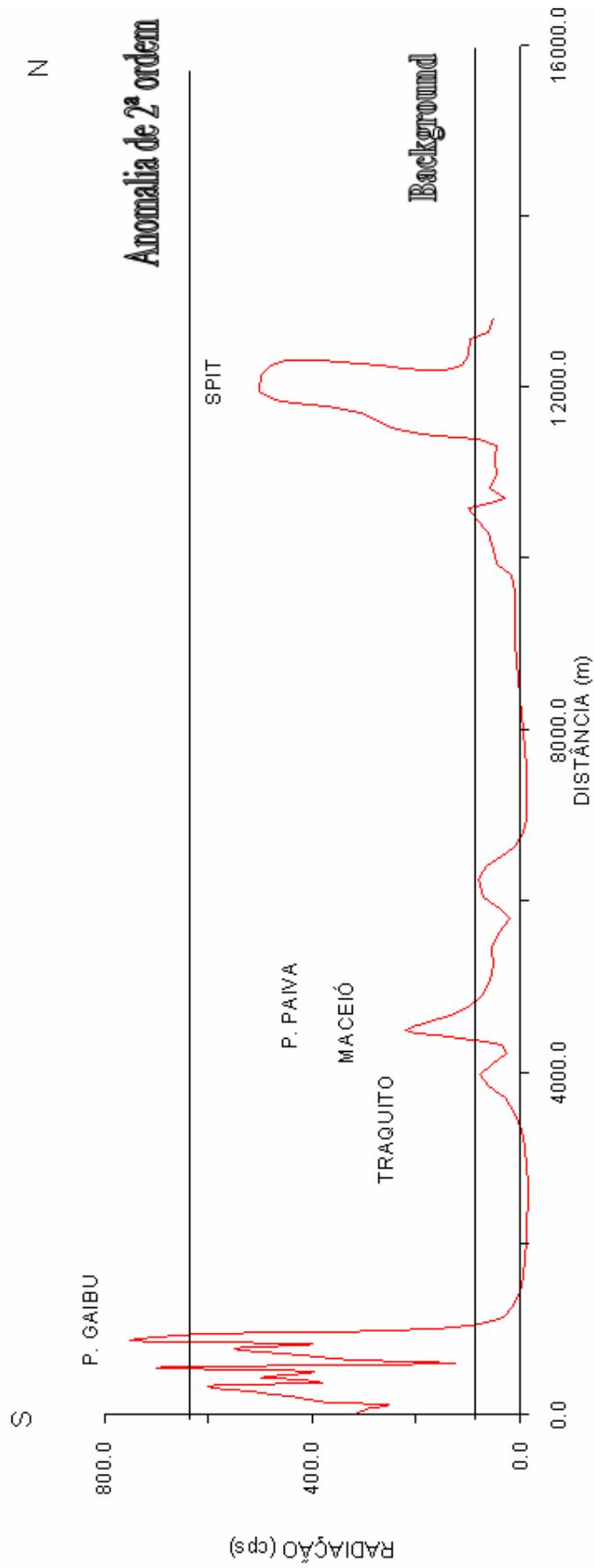


Figura 6.4 - Variação da radiação do trecho entre praia de Gaibu e o spit (estuário do rio Jaboatão).

## **CAPÍTULO 7**

# **EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA**

## **CAPÍTULO 7 – EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA**

### **7.1. Variação em Médio Prazo**

A aparência da área costeira varia com o ganho ou com a perda de areia (na linha de costa) que é o limite entre o continente e a porção adjacente ao mar onde não há efetiva ação marinha no alcance máximo das ondas. Essa variação poderá alterar o balanço sedimentar em função de parâmetros oceanográficos (ondas, correntes e marés), dados meteorológicos, precipitação, direção e intensidade de vento. A análise seqüencial de mapas, cartas ou de fotografias antigas aéreas, torna possível a observação das alterações ocorridas durante um considerado intervalo de tempo.

O transporte de sedimentos costeiros, principalmente o transporte longitudinal, é algo que tem sido alvo de estudo de pesquisadores e profissionais das mais diversas áreas. A importância do fenômeno fica evidenciada no momento em que se observam as alterações da linha de costa ao longo do tempo, notadamente naquelas áreas que sofrem ações antrópicas.

Sabe-se que as costas são áreas de grande concentração de energia, e que são raros os casos em que estes ambientes atingem um estado de equilíbrio estático, observando-se, na realidade, características de um equilíbrio dinâmico, onde as formas e texturas alternam-se no curso do tempo. À medida que este equilíbrio é alterado pela implementação de obstáculos físicos ao transporte de sedimento, instalam-se processos erosivos ou deposicionais. Neste contexto, a ocupação de uma área costeira requer um bom conhecimento dos agentes dinâmicos e das características morfológicas locais, que possibilite a previsão - pelo menos razoável - do comportamento da linha de costa. O problema com que se depara o pesquisador, na grande maioria dos casos em que pretende estudar a dinâmica de uma localidade, é a falta de séries representativas de dados locais.

Em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, esta realidade fica evidente, em função da escassez de recursos, tanto para a realização de campanhas de monitoramento de dados costeiros, quanto para a recuperação de infra-estruturas públicas ou privadas que venham a ser afetadas por problemas relacionados com alterações da linha de praia. Sendo o Nordeste uma região por demais carente, esse fato, na área estudada, torna-se ainda bem mais sério. Um outro fator que também deve ser considerado é a correlação entre densidade de ocupação humana e evidências da instauração dos processos erosivos. Em geral, nas praias estudadas pôde-se

observar, durante o desenvolvimento do trabalho, que os processos erosivos exacerbaram-se com o aumento da densidade de ocupação humana. Foi, como um todo, diretamente proporcional às evidências da instauração dos referidos processos.

Os efeitos resultantes dos elementos hidrodinâmicos, como ondas, marés e correntes, podem se refletir em processos construtivos ou erosivos de sedimentos da face de praia que poderão, também, estarem associados a fenômenos antrópicos.

Na área estudada usou-se, ainda, fotografias aéreas da FIDEM, que tiveram extrema importância na identificação de obstáculos ao transporte de sedimentos e na delimitação dos setores.

## **7.2 - Padrão de variações**

Uma análise detalhada, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo, sobre as variações em médio prazo de recuos e progradações da linha de costa, ocorridas na área nos últimos 30 anos (1972 e 2002), estão mostrados no mapa de variação da linha de costa (Figura 7.1). Para efeito de ordenamento, a área estudada foi dividida em 07 (sete) setores, delimitados já demarcados no capítulo 6, e cada variação da linha de costa (recuos, progradações e estabilidade) da área considerada dentro do setor, independente do tamanho, chamou-se de subárea, onde foi avaliado o caráter de mudanças ou estabilidade na linha de costa. Os resultados dessas variações serão discutidos a seguir:

**7.2.1 Setor 1 (Praia do Paiva)** – como já se sabe do capítulo 6, este setor foi o que apresentou maior extensão, cerca de 5,535 km. Fazendo-se uma análise detalhada da linha de costa do ano 1972 com a de dezembro de 2002, pôde-se dividi-lo em outros sete menores, ou subáreas, no que tange a domínios de erosão, progradação e estabilidade os quais serão descritos de forma contínua de Norte para Sul.

Subárea 1 - posiciona-se no extremo Norte da área apresentando extensão de 375 m e ficou caracterizada pela presença de foco erosivo, apresentando um recuo da linha de costa médio de aproximadamente 60 m o que representa cerca de 13500 m<sup>2</sup> em termos de área erodida.

Subárea 2 – representa o setor que dá continuidade à célula 1 apresentando extensão de 525 m e que ficou caracterizada pelo fim do processo erosivo e início de tendência a progradação, com

SEDIMENTOLOGIA DA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE E ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS  
 PRAIAS DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

Autor: José Diniz Madruga Filho  
 Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

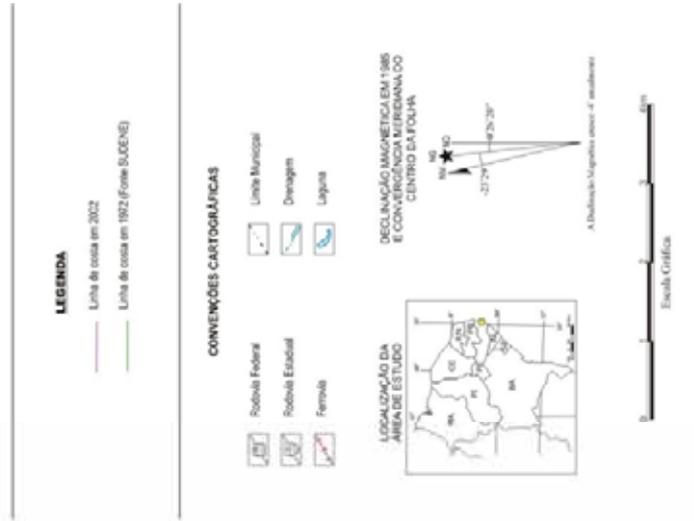
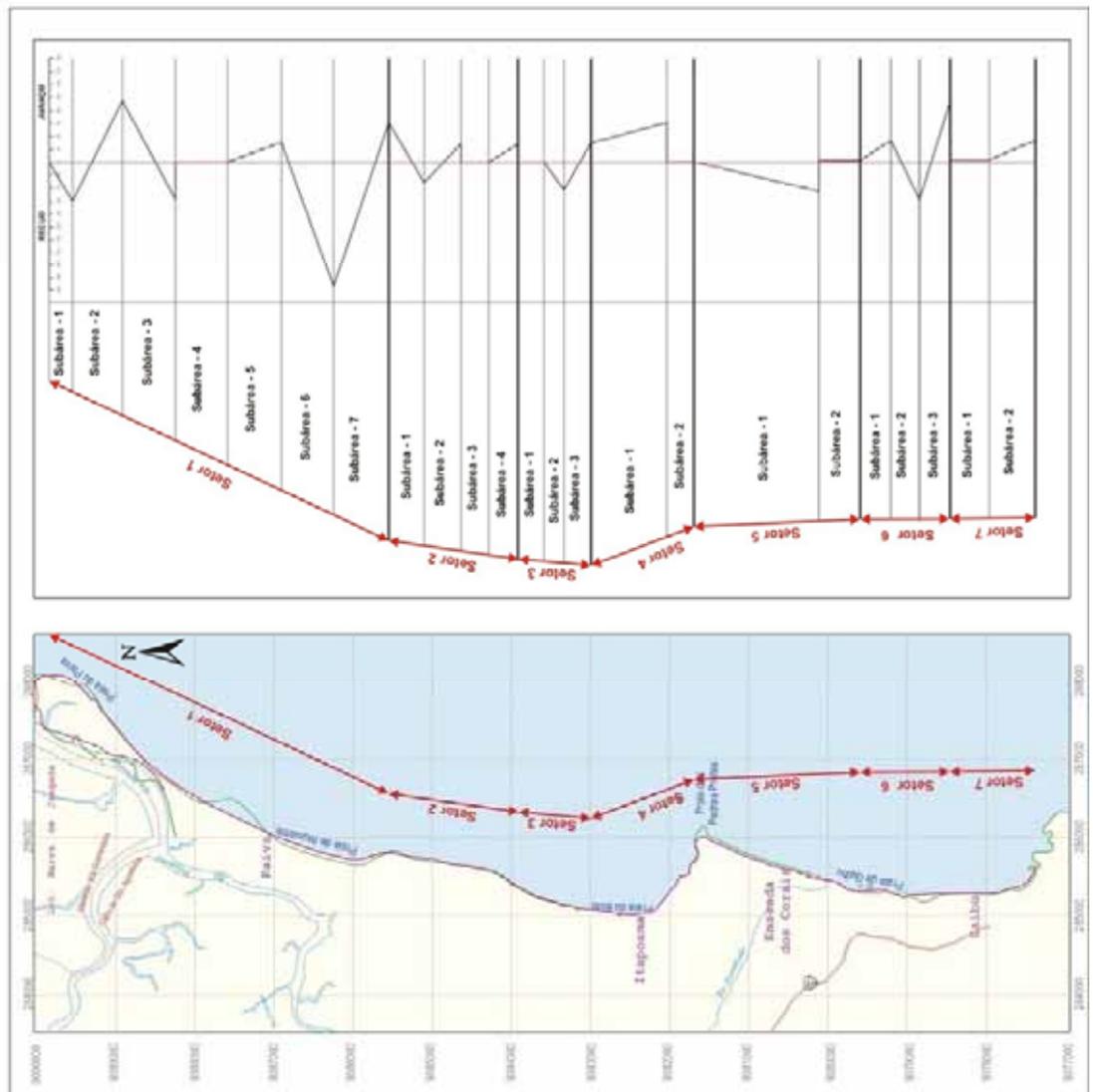


Figura 7.3: Mapa de variação da linha de costa

avanços atingindo, em média, 75 m, o que representa cerca de 16875 m<sup>2</sup> em termos de área progradada.

Subárea 3 – segue a subárea 2, voltando a mostrar a instalação do processo erosivo, apresentando um recuo da linha de costa de, aproximadamente 60 m em uma extensão de 300 m, o que representa cerca de 13500 m<sup>2</sup> em termos de área erodida.

Subárea 4 – apresenta-se logo após a subárea 3, tendo ficado marcada a estabilidade da linha de costa em um trecho de 750 m.

Subárea 5 – ficou registrada, assim como a subárea 2, por tendência progradante com avanços da ordem de 30 m em uma extensão de 1035 m, o que representa cerca de 26887,5 m<sup>2</sup> em termos de área progradada.

Subárea 6 – esta é portadora do maior foco erosivo do setor 1, mostrando um recuo da linha de costa médio de 195 m em uma extensão de 975 m. Isto representa, em média, 95062,5 m<sup>2</sup> de área erodida.

Subárea 7 - representa a última subárea do setor 1 na seqüência de Norte para Sul, como também, a de maior extensão com cerca de 1575 m. Este trecho da praia mostrou características progradantes com avanços da linha de costa de até 60 m. A área total progradada foi de 95062,5 m<sup>2</sup>.

Com relação ao setor 1, do total dos 5535 m de praias projetados sobre a linha de referência, cerca de 3135 m (57%) apresentaram avanço da posição da linha de costa, enquanto que 1650 m (30%) sofreram recuo e apenas 750 m (13%) não registraram alteração significativa.

O total das áreas progradantes das subáreas do setor 1 representam cerca de 260462,5 m<sup>2</sup> (68 %) enquanto que 122062,5 m<sup>2</sup> (32 %) marcam as áreas que foram erodidas.

**7.2.2 Setor 2 (Praia do Paiva)** – os seus 1,410 km foram divididos em quatro subáreas seqüenciadas apresentando seguidamente erosão, progradação, estabilidade e progradação novamente.

Subárea 1 - marca o início do setor 2, apresentando extensão de apenas 195 m e recuo da linha de costa de 30 m. Apresenta um foco erosivo medindo 2925 m<sup>2</sup> de área.

Subárea 2 - destaca-se em função da progradação que resultou em avanço da linha de costa de 30 m em uma extensão de 450 m. A área total progradada foi de 13500 m<sup>2</sup> para o intervalo de tempo considerado.

Subárea 3 – ficou caracterizada por trecho de 450 m de estabilidade.

Subárea 4 – corresponde de Norte para Sul à última célula do setor 2 caracterizando-se por apresentar progradação da linha de costa estimada em 30 m, para uma pequena extensão de 315 m. A progradação total medida, em área, para o período considerado, foi de 9450 m<sup>2</sup>.

Com relação ao setor 2 do total, dos 1410 m de praias projetados sobre a linha de referência, cerca de 765 m (58%) apresentaram avanço da posição da linha de costa, 450 m (32%) não registraram alteração significativa e apenas 195 m (14%) sofreram recuo.

O total das áreas progradantes das subáreas do setor 2 representam cerca de 22950 m<sup>2</sup> (89%) enquanto que 2925 m<sup>2</sup> (11%) marcam as áreas que foram erodidas.

**7.2.3 Setor 3 (Praia do Paiva)** - foi dividido em apenas três subáreas caracterizadas respectivamente por estabilidade, erosão e progradação em seus 1,980 km de extensão.

Subárea 1 – marca o início deste setor, apresenta 900 m de extensão, e ficou caracterizada por ser uma subárea estável.

Subárea 2 – trata-se de uma pequena célula com apenas 105 m de extensão, apresentando foco erosivo que provocou recuo da linha de costa de 30 m, assim representa um campo de divisão entre a subárea 1 (estável) e a subárea 3 (progradante). A área total erodida, durante o período considerado, foi de apenas 1575 m<sup>2</sup>.

Subárea 3 – com extensão de 975 m ficou caracterizada por uma progradação que provocou o avanço da linha de costa, em média, de 37,5 m. A área total progradada subárea foi de 36562 m<sup>2</sup>.

Com relação ao setor 3 do total dos 1980 m de praias projetados sobre a linha de referência, cerca de 975 m (49%) apresentaram avanço da posição da linha de costa, 900 m (46%) não registraram alteração significativa e apenas 105 m (5%) sofreram recuo.

O total das áreas progradantes das subáreas de setor 3 representam cerca de 36562,5 m<sup>2</sup> (96 %) enquanto que 1575 m<sup>2</sup> (4%) marcam as áreas que foram erodidas.

**7.2.4 Setor 4 (Praias de Itapoama e Pedra do Xaréu)** – com apenas 1,11 km de extensão este setor, foi dividido em duas subáreas que apresentaram respectivamente progradação e estabilidade.

Subárea 1 - apresentou extensão de 735 m com tendência progradante marcada pelo avanço da linha de costa, que girou em torno de 60 m. A área total progradada foi de 22050 m<sup>2</sup>.

Subárea 2 – caracterizou-se por ser uma área estável em seus 375 m de extensão.

Com relação ao setor 4, do total dos 1110 m de praias projetados sobre a linha de referência, cerca de 735 m (66%) apresentaram progradação da posição da linha de costa, 375 m (34%) não registraram alteração significativa.

O total das áreas progradadas das subáreas do setor 4 representam cerca de 22050 m<sup>2</sup> (63%).

**7.2.5 Setor 5 (Praia de Enseada dos Corais)** – este setor medindo 2,1411 km foi dividido em apenas duas células que apresentaram progradação e estabilidade, respectivamente.

Subárea 1 – apresentou erosão da linha de costa de 45 m em seus 1601,1 m de extensão o que representa, em termos de área erodida, cerca de 72049,5 m<sup>2</sup>. Esta subárea foi a que apresentou maior tendência erosiva, em relação a dos outros setores da área estudada durante o período considerado.

Subárea 2 – com cerca de 540 m de extensão ficou caracterizada por um comportamento estável durante o estudo.

No que se refere ao setor 5 do total, dos 2141,10 m de praias projetados sobre a linha de referência, cerca de 1601,10 m (75 %) apresentaram recuo da posição da linha de costa, enquanto 540 m (25 %) não registraram alteração significativa.

**7.2.6 Setor 6 (Praias de Enseada dos Corais e Gaibu)** – com os seus 1,320 km englobando de forma parcial as praias de Enseada dos Corais e de Gaibu, este setor foi dividido em três subáreas que mostraram, respectivamente, em seqüência, progradação, erosão e progradação. Pôde-se observar, que o processo erosivo encontra-se menos atuante do que as áreas progradantes, em função, provavelmente, da linha de recifes que funcionam como anteparo natural contra a incidência das ondas na linha de costa.

Subárea 1 – marca o início do setor 6 e em seus 450 m de extensão ficou caracterizada por uma progradação que provocou o avanço da linha de costa de cerca de 30m. Cerca de 10350 m<sup>2</sup> representa a área total progradada nesta célula durante o período considerado.

Subárea 2 – apresentou uma extensão de apenas 300 m caracterizando-se por um foco erosivo que provocou o recuo da linha de costa de cerca de 60 m. A área total erodida nesta subárea foi de 9000 m<sup>2</sup>.

Subárea 3 – com extensão de 570 m ficou caracterizada por progradação que provocou avanço da linha de costa bastante significativo em relação a outros setores, sendo quantificado em aproximadamente 90 m. A área total erodida na referida subárea foi de 25650 m.<sup>2</sup>

Com relação ao setor 6, do total dos 1320 m de praias projetados sobre a linha de referência, cerca de 1020 m (77 %) apresentaram avanço da posição da linha de costa, enquanto 300 m (23 %) sofreram recuo.

O total das áreas progradadas das subáreas do setor 6, representam cerca de 37000 m<sup>2</sup> (80%) enquanto que 9000 m<sup>2</sup> (20 %) marcam as áreas que foram erodidas.

**7.2.7 Setor 7 (Praia de Gaibu)** – apresentou uma extensão total de 1,335 km onde foram individualizadas duas subáreas (1 e 2) que apresentaram, nesta ordem, estabilidade e progradação. Apesar do grau de desenvolvimento ser um dos mais altos na área estudada não foi observado, a presença de processos erosivos neste setor.

Subárea 1 – em seus 795 m de extensão observou-se um comportamento estável durante o período considerado.

Subárea 2 - apresentou uma extensão de apenas 450 m caracterizando-se por uma progradação que resultou em avanço da linha de costa de cerca de 30 m. A área total progradada nesta célula foi de 33750 m<sup>2</sup>.

No que se refere ao setor 7, do total dos 1335 m de praias projetados sobre a linha de referência, cerca de 795 m (60%), não registraram alteração significativa, enquanto que 540 m (40%) apresentaram avanço da posição da linha de costa.

O comportamento dos setores, em médio prazo, na evolução da linha de costa, pode ser visto na Tabela 7.1. Nas Figuras 7.2 e 7.3 estão os histogramas mostrando, respectivamente, o comportamento dos setores e a comparação das áreas progradadas e erodidas em médio prazo dos mesmos.

Tabela 7.1- Comportamento dos setores, em médio prazo, na evolução da Linha de Costa.

SETOR	EXT. (m)	ALC (m)	RLC(m)	EST(m).	AP(m <sup>2</sup> )	AE(m <sup>2</sup> )
1	5535	3135	1650	750	260462,5	122062,5
2	1410	765	195	450	22950	2925
3	1980	975	105	900	365562,5	1575
4	1110	735	-	375	22050	-
5	2141,1	-	1601,1	540		72049,5
6	1320	1020	300	-	37000	9000
7	1335	540	-	795	33750	-

LEGENDA	
EXT – Extensão do setor	ALC – Avanço da linha de costa
RLC – Recuo da linha de costa	EST – Estabilidade da linha de costa
AP – Área de progradação	AE - Área de erosão
m – metro	m <sup>2</sup> - metro quadrado

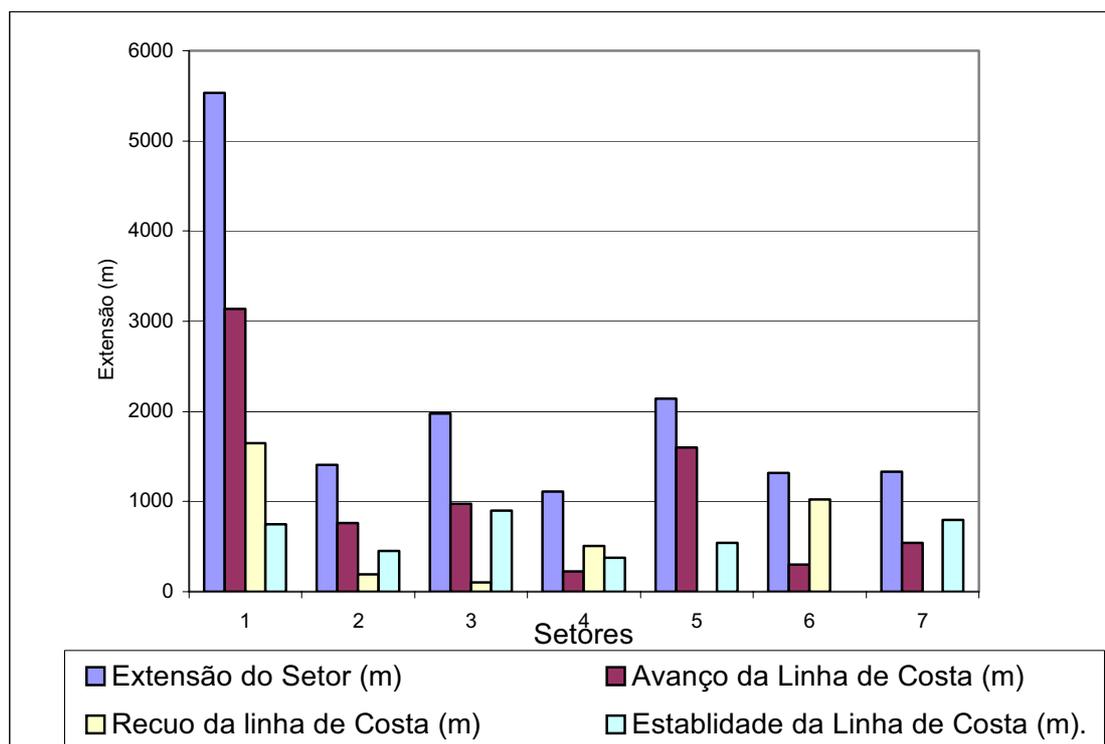


Figura 7.2 – Histograma mostrando o comportamento dos setores em médio prazo.

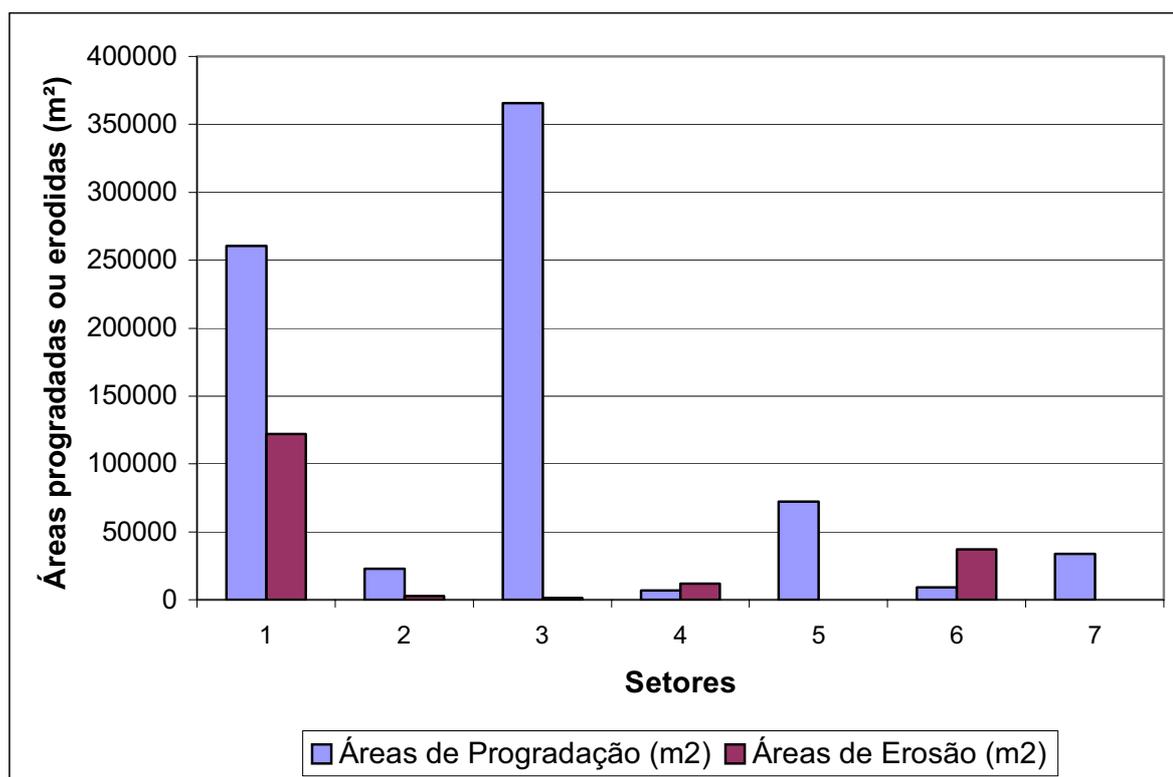


Figura 7.3 Histogramas comparando as áreas progradadas e erodidas em médio prazo por setores.

### 7.3. Considerações Parciais

Diante das características locais e da metodologia previamente apresentada, os estudos resultaram em uma série de informações sobre o comportamento das praias e das tendências gerais de evolução observadas e esperadas ao longo do tempo. O levantamento da posição da linha de costa para dezembro de 2002, possibilitou a identificação de quais foram os trechos mais críticos sob o ponto de vista da erosão costeira durante as últimas três décadas. A tabela 8.1 ilustrou o comportamento de cada um dos setores, quantificando as áreas de progradação, erosão e os que se mantiveram estáveis. Também o gráfico da Figura 7.1, permitiu fazer interpretações gerais sobre o comportamento da linha de costa entre as praias do Paiva e Gaibu nos sete setores estudados. Observando a tabela 1 e Figura 7.2 constatou-se que:

a) O setor 5, praia de Enseada dos Corais, foi o único setor em que não houve progradação da linha de costa, apresentando ainda, juntamente com o setor 1 (praia do Paiva), os dois maiores trechos onde o processo erosivo mostrou-se mais evidente.

c) O setor 7, posicionado entre o Hotel Canários e promontório do Cabo de Santo Agostinho, e o setor 4 ficaram marcados pelos trechos de maiores evidências de estabilidade/progradação, em termos proporcionais na área estudada. Cerca de 60% e 34% de suas extensões respectivamente não registraram alteração significativa, enquanto que 40% e 66% apresentaram avanço da posição da linha de costa.

O total das áreas progradantes, entre as praias do Paiva e Gaibu, representam cerca de 78% enquanto que 22% marcam as áreas que foram erodidas.

Dos 14831,1 m de praias projetadas sobre a linha de referência, cerca de 49% sofreram avanço da posição da linha de costa, enquanto que 26% não registraram alteração e apenas 25% apresentaram recuo.

Os trabalhos de campo forneceram, ainda, uma idéia geral da distribuição morfológica das praias e de seu estado atual de evolução.

#### **7.4. Variação em curto prazo**

No que se refere às praias, em todo o mundo, pode-se dizer que as mesmas diferenciam-se, principalmente, por não se manterem estáveis geográfica e temporalmente. As trocas contínuas de forma chamam-se variabilidade praial ou variação em curto prazo.

A origem da variabilidade de uma determinada praia está associada à sua própria gênese e sua configuração resulta da interação da dinâmica atuante (onda, corrente e maré), dos contornos existentes (costa e batimetria da plataforma continental interna), presença de recifes (arenito, algálico e corais) e a disponibilidade de sedimento (areia) no sistema.

Uma praia qualquer, do ponto de vista teórico, com granulometria definida, submetida a uma solicitação dinâmica atuante e constante, resulta em uma configuração (planta e perfil) estável no tempo, designada como configuração de equilíbrio.

Para avaliar se uma praia encontra-se em equilíbrio utiliza-se a metodologia de monitoramento desta praia através de nivelamento topográfico. O propósito deste nivelamento é caracterizar a morfologia do perfil praial. Com a confecção destes perfis obtém-se conhecimentos detalhados sobre os fatores que controlam a morfologia praial.

## 7.5 Análise dos Perfis Praiais

Na descrição dos perfis praias a seguir, os dados das tabelas (7.2 a 7.8) seguintes, representam para a primeira coluna as datas dos levantamentos, a segunda coluna o volume de material em  $m^3/m$  dos perfis, e a terceira coluna mostra a diferença em volume ( $m^3/m$ ) determinado entre um levantamento e o seguinte. Os gráficos (7.4 a 7.30) apresentados têm como propósito prático, ilustrar os dados obtidos facilitando a interpretação, deixando passar claramente a progressão dos fenômenos de deposição ou erosão de praia, dando também uma noção da tendência média do processo atuante.

### 7.5.1 Perfil Praia P<sub>1</sub>(Praia do Paiva)

O perfil praial P<sub>1</sub>, localizado na praia do Paiva através das coordenadas UTM (287873 E; 9089988 N), apresenta extensão em torno de 260 m. A pós-praia é extensa, apresentando acúmulo de areias (pequenas dunas), quase sempre fixadas por vegetação (Fotos 7.1 e 7.2) e encontra-se desprovida da interferência antrópica (construções); a escarpa de berma apresenta-se com um desnível médio de 0,55 m, sendo às vezes suprimida pela ação das ondas incidentes; a praia ou estirâncio mostra largura média de 60 m e declividade, em torno de 3° (Fotos 7.3 e 7.4). Na Figura 7.4, está plotado um conjunto de perfis realizados nos meses de outubro e dezembro de 2002, como também, fevereiro e maio de 2003. Analisando-se o comportamento das curvas plotadas, observa-se uma grande variação morfológica nos setores de praia e antepraia, com flutuações significativas entre os quatro perfis implementados. Comparando-se os perfis realizados com o do mês de outubro de 2002, constata-se que, com relação a dezembro, ocorre, em ambos, a formação de cristas de cordão litorâneo no setor de pós-praia. A partir daí inicia-se o setor de praia ou estirâncio onde se percebe, em dezembro de 2002, entre 90 m e 110 m, pronunciada erosão (em torno de 1 m, em escala vertical). A porção média da praia (120 m a 240 m) até a antepraia sofreu relevante deposição em relação a outubro de 2002. Após este episódio houve estabilização do perfil praial. Em fevereiro de 2003, constata-se um balanço sedimentar positivo com pronunciada deposição no setor praial que se situa, entre 120 m e 180 m, em torno de 1,2 m em escala vertical. No mês de maio de 2003, ocorreu uma ligeira acreção no setor de praia ou estirâncio, entre 65 m e 85 m, em torno de 0,40 m em escala vertical, e erosão no resto do perfil em relação ao mês inicial de monitoramento (Figura 7.5).



Foto 7.1 – Vista parcial da pós-praia do perfil P<sub>1</sub>, de Norte para Sul, mostrando pequenas dunas fixas por vegetação.



Foto 7.2 – Vista parcial do perfil P<sub>1</sub>, do continente para o mar, exibindo sedimentos fixados por vegetação (salsa de praia).



Foto 7.3 - Vista da faixa de praia do perfil  $P_1$ , mostrando sua larga extensão.



Foto 7.4 - Vista da faixa de praia do perfil praiar  $P_1$ , onde se observa a mudança na morfologia deste setor em função, provavelmente, da influência do estuário do rio Jaboatão.

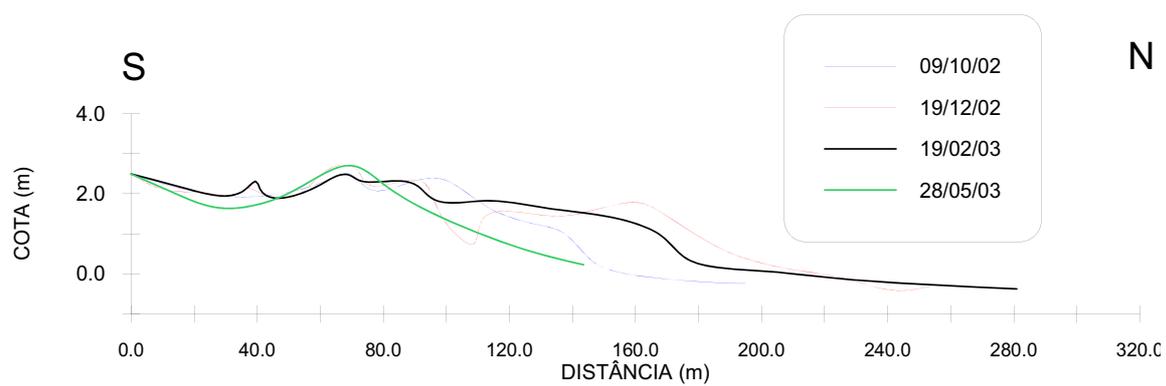
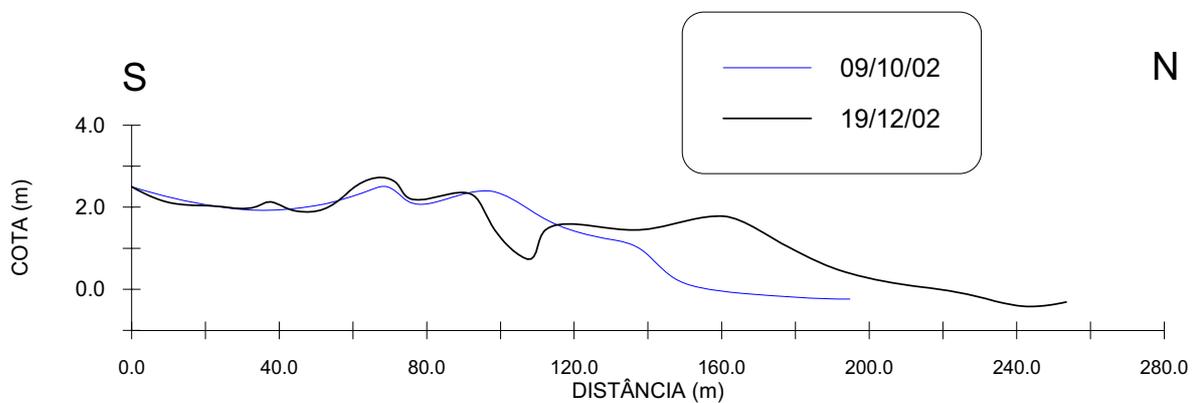
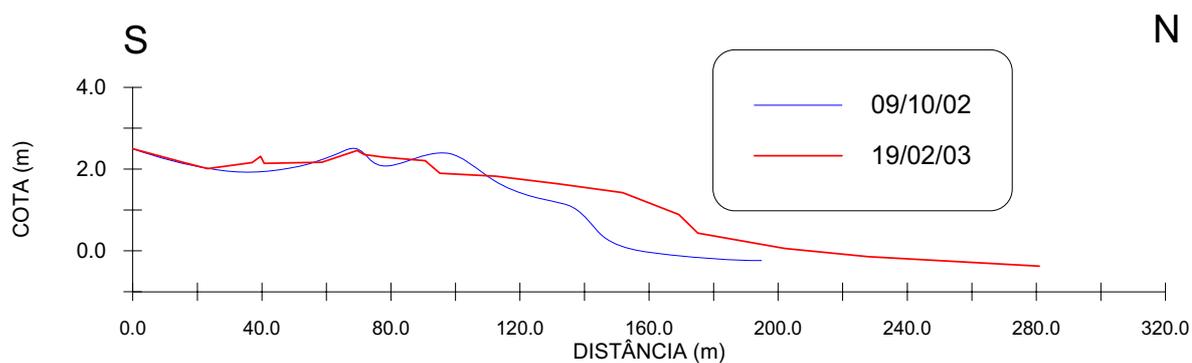
PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>1</sub> (SPIT)

Figura. 7.4 – Conjunto de perfis realizados na praia do Paiva no perfil P<sub>1</sub>. Abaixo, vista parcial, de E para W, da faixa de praia do referido perfil, no mês de fevereiro de 2003.

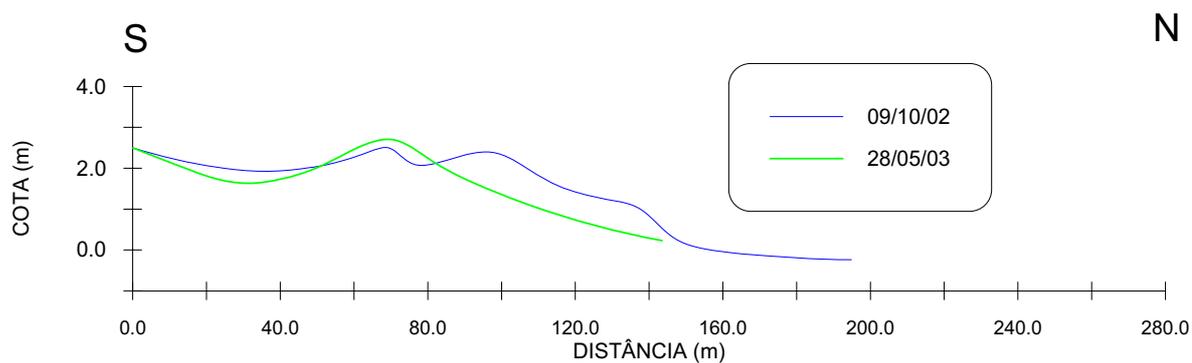
### PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>1</sub> (SPIT)



(A)



(B)



(C)

Figura 7.5 – Perfis realizados na praia do Paiva: (A) Outubro e dezembro de 2002; (B) outubro de 2002 e fevereiro de 2003; (C) outubro de 2002 e maio de 2003.

Os resultados quantitativos obtidos neste perfil (Tabela 7.2) para o período considerado, apesar de apresentarem, localmente, evidências de deposição sedimentar, mostram taxa de erosão média de 29,07 m<sup>3</sup>/m. O gráfico, do referido perfil, (Figura 7.6) comprova no período amostrado um comportamento erosivo para este seguimento de praia.

Durante o período monitorado, não existiu evidência de recuperação do seu perfil morfodinâmico. A representação gráfica dos volumes dos perfis P<sub>1</sub>, no período monitorado, pode ser observada na Figura 7.7.

Tabela 7.2 – Variação de volume nos meses monitorados no perfil P<sub>1</sub>.

PERFIL TOPOGRÁFICO P <sub>1</sub> ( SPIT)		
Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>n+1</sub> -V <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /m)
Outubro/02	265,42	0 *
Dezembro/02	342,91	+77,49
Fevereiro/03	337,30	-5,61
Mai/03	236,35	-100,95

\*Mês de referência

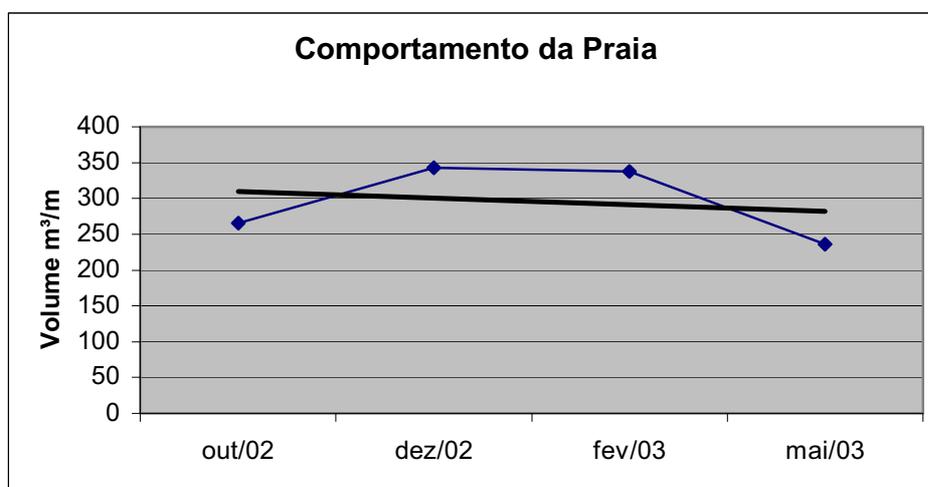


Figura 7.6 - Gráfico, do perfil P<sub>1</sub>, mostrando comportamento erosivo para este segmento de praia, durante o monitoramento.

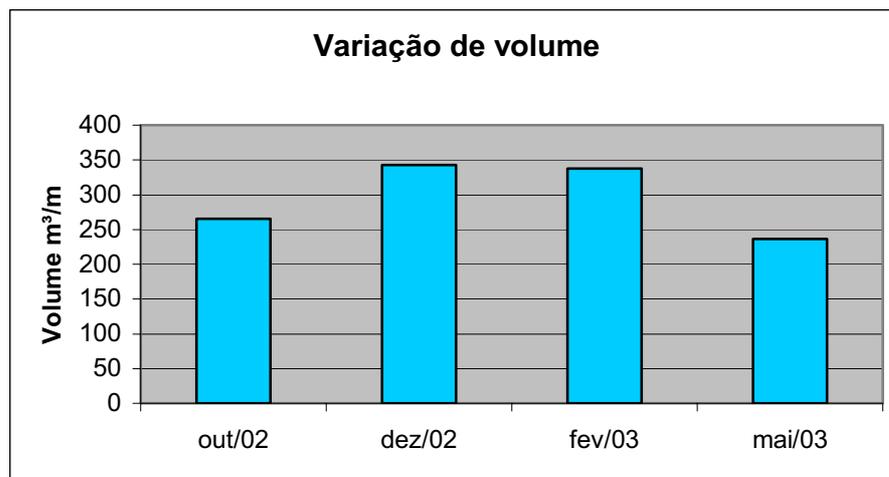


Figura 7.7 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil P<sub>1</sub>.

### 7.5.2 Perfil Praia P<sub>2</sub> (Praia do Paiva)

No perfil praia P<sub>2</sub> na praia do Paiva (286909 E ; 9088666 N) de coordenadas UTM, o levantamento foi realizado apenas nos meses de fevereiro e maio de 2003.

Possui extensão em torno de 170 m e suas unidades morfológicas mostram as seguintes características: pós-praia com diminuição significativa, medindo cerca de 62,5 m, sendo interrompida pelo estuário do rio Jaboatão. Os 62,5 m, também representam a menor distância entre a linha de costa e o estuário do referido rio (Fotos 7.5 e 7.6); as quedas de coqueiros, na margem direita do mesmo, são evidências da instalação do processo erosivo no setor (Fotos 7.7 e 7.8); e a escarpa de berma mostra-se com desnível em torno de 0,70 m. A praia possui largura média de 35 m e declividade baixa, em torno de 4°. Analisando-se os perfis de fevereiro e maio de 2003, observa-se que nestes três primeiros meses de pesquisa, o setor de pós-praia, provido de vegetação, não apresentou mudança, tendo ocorrido estabilidade morfológica (Figura 7.8). A porção da praia superior experimentou relevante progradação, aproximando-se dos 15 m, seguida de um déficit de sedimento da ordem de quase 2 m em escala vertical. Da praia inferior até a antepraia ocorreu acréscimo de sedimento de praia.

Os resultados quantitativos obtidos neste perfil para o período considerado (tabela 7.3), mostram uma taxa de deposição média de 33,82 m<sup>3</sup>/m. O gráfico, deste perfil, (Figura 7.9) confirma leve deposição para este seguimento de praia. A representação gráfica dos volumes dos perfis P<sub>2</sub>, no período monitorado, pode ser observada na Figura 7.10.



Foto 7.5 - Vista parcial, para Leste, do setor de pós-praia do perfil  $P_2$ , o qual mediu cerca de 50 m durante o monitoramento.



Foto 7.6 - Vista parcial do Perfil  $P_2$ , para Sul, mostrando a proximidade entre a praia e o estuário do rio Jaboatão.



Foto 7.7 - Vista parcial, para Norte, do Estuário do Rio Jaboatão, exibindo acentuado processo erosivo em sua margem direita. Nota-se a ação direta sobre os coqueiros.



Foto 7.8 - Vista parcial, do perfil P<sub>2</sub>, contrária ao mar, exibindo seu estreito setor de pós-praia, de aproximadamente 50 m.

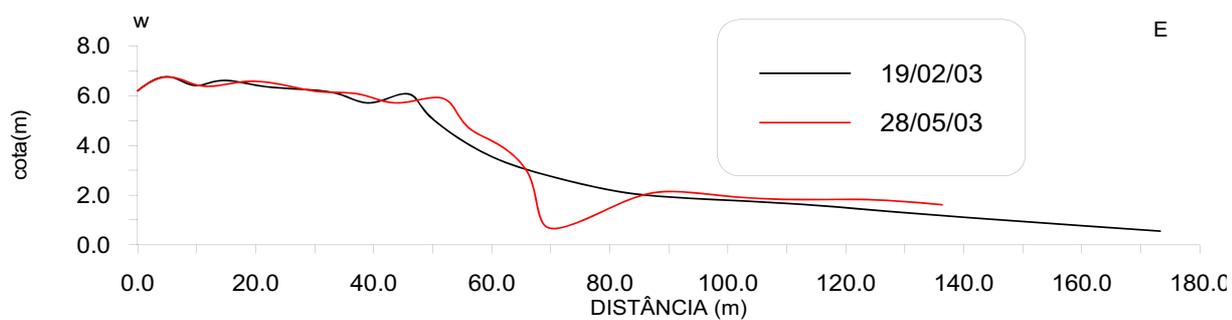
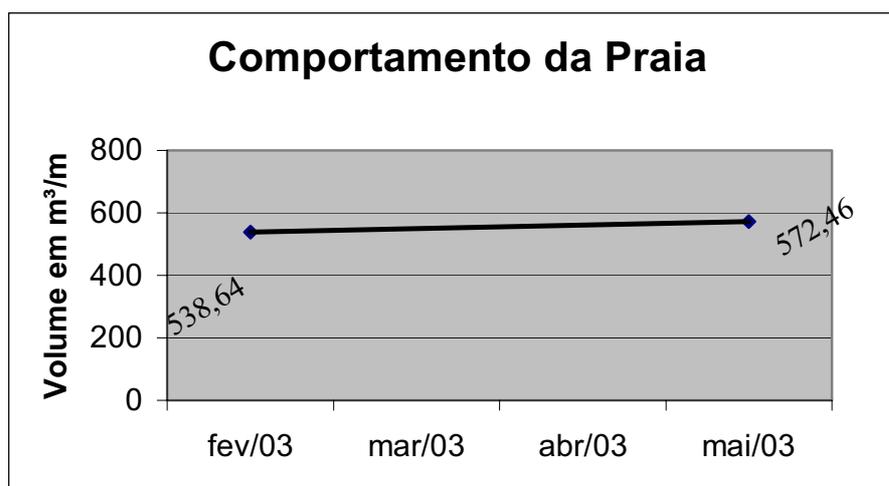
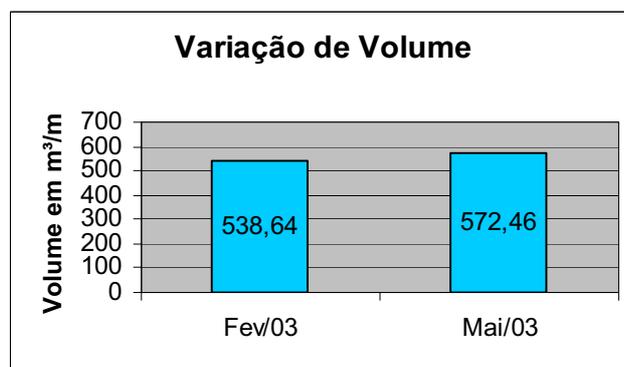
PERFIS TOPOGRÁFICOS – P<sub>2</sub>

Figura 7.8 – Resultado dos perfis realizados na praia do Paiva nos meses de fevereiro e maio de 2003. Abaixo vista parcial, de E para W, da faixa de praia do referido perfil, no mês de fevereiro de 2003.

Tabela 7.3 – Variação de volume, no perfil P<sub>2</sub> nos meses monitorados.

PERFIL P <sub>2</sub> PRAIA DO PAIVA		
Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>n+1</sub> -V <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /m)
Fevereiro/03	538,64	0 *
Mai/03	572,46	33,82

\* Mês de referência

Figura 7.9 – Gráfico, do perfil P<sub>2</sub>, mostrando ligeira deposição neste segmento de praia, durante o monitoramento.Figura 7.10 – Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P<sub>2</sub>, durante o período monitorado.

### 7.5.3 Perfil Praial P<sub>3</sub>(Praia do Paiva)

No perfil praial P<sub>3</sub>, (Figura 7.11) posicionado na praia do Paiva através das coordenadas UTM (286289 E; 9087644 N), o nivelamento foi realizado apenas nos meses de fevereiro e maio de 2003, e o mesmo apresenta extensão em torno de 90 m.

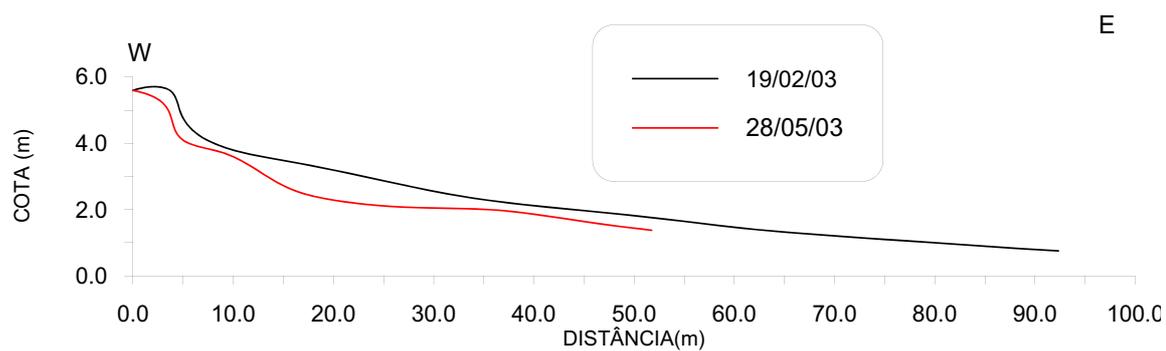
PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>3</sub>

Figura 7.11 – Configuração dos dados dos perfis de fevereiro e maio de 03, da praia do Paiva acompanhado de vista parcial, para Sul, do referido perfil no mês de fevereiro de 03, mostrando tendência erosiva.

A pós-praia é extensa, sendo caracterizada por um destacado alinhamento de cordões litorâneos, encontrando-se desprovida da interferência antrópica do tipo construções; a escarpa de berma apresenta-se com um desnível médio de 0,55 m, sendo às vezes suprimida pela ação das ondas incidentes; a praia ou estirâncio mostra-se com largura média de 55 m e declividade baixa, em torno de 3° (Fotos 7.9 e 7.10). Os perfis realizados nos meses de fevereiro e maio de 2003 foram plotados (Figura 8.11). Analisando-se o comportamento dos perfis observa-se tendência de processo erosivo relevante em toda extensão do perfil no mês de maio de 2003 em relação a fevereiro do mesmo ano. Na porção superior da praia, entre 15 m e 25 m, o déficit de sedimento é mais significativo, atingindo cerca de 1 m em escala vertical. Os resultados quantitativos obtidos (Tabela 7.4) para o período considerado, mostram taxa de erosão média de 76,4 m<sup>3</sup>/m. O gráfico do perfil P<sub>3</sub> (Figura 7.12) corrobora a idéia do comportamento erosivo, no período amostrado para este segmento de praia. A representação gráfica dos volumes dos perfis P<sub>3</sub>, no período monitorado, pode ser observada na Figura 7.13.

Tabela 7.4 – Variação de volume, no perfil P<sub>3</sub> nos meses monitorados.

PERFIL P <sub>3</sub> PRAIA DO PAIVA		
Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>n+1</sub> -V <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /m)
Fevereiro/03	209,95	0 *
Maio/03	133,55	-76,4

\*Mês de referência

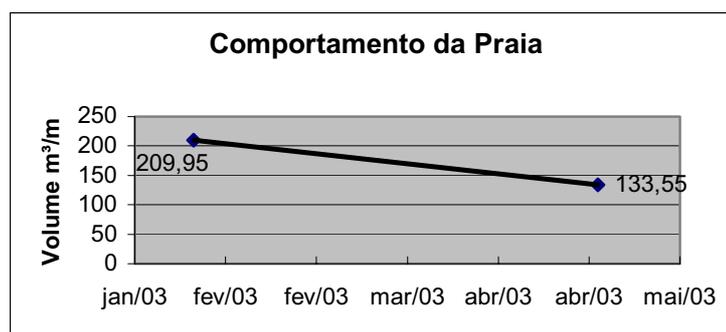


Figura 7.12 – Gráfico, do Perfil P<sub>3</sub>, mostrando um comportamento erosivo para este segmento de praia, durante o monitoramento.



Foto 7.9 - Vista geral do perfil praiar P<sub>3</sub>, na praia do Paiva, para Sul, mostrando a sua faixa de praia ou estirâncio.



Foto 7.10 - Vista parcial, do continente para o mar, do perfil praiar P<sub>3</sub>, mostrando sua larga extensão do estirâncio.

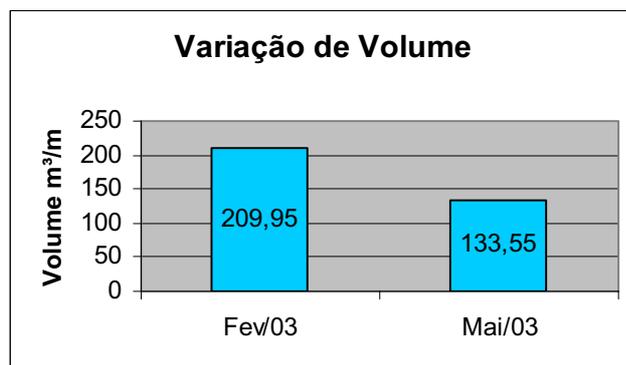


Figura 7.13 – Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P<sub>3</sub>, durante o monitoramento.

#### 7.5.4 Perfil Praial P<sub>4</sub> (Praia do Paiva)

O perfil praial P<sub>4</sub>, na praia do Paiva, de coordenadas UTM (285599 E ; 9084649 N), apresenta extensão em torno de 57 m. A pós-praia tem em média, 12 m de comprimento, e encontra-se desprovida da interferência antrópica do tipo construções; a berma apresenta-se com desnível médio de 0,60 m, sendo às vezes suprimida pela ação das ondas incidentes; a praia ou estirâncio mostra-se com largura média de 30 m de comprimento e declividade baixa, em torno de 3° (Fotos 7.11 e 7.12).

Na Figura 7.14 estão representados os perfis realizados nos meses de junho 1997, março de 1998, agosto, outubro e dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. Comparando-se os perfis realizados com o do mês de junho de 1997, constata-se que em março de 1998, ocorreu uma movimentação retrógrada da berma, entre 10 m e 12 m, da ordem de 1 m, em escala vertical. Dos 14 m, no setor de praia ou estirâncio, até o restante do perfil há evidência de erosão com déficit de sedimentos. Em agosto de 2002, a movimentação retrógrada da berma foi mantida, no entanto, na porção da praia superior entre 14 m e 25 m, ocorreu deposição chegando a atingir cerca de 0,5 m (em escala vertical). Na porção inferior da praia, entre 35 m e 43 m, ocorreu indícios de erosão, seguida por deposição, entre os 45 m e 53 m, e erosão no final na antepraia. Em outubro de 2002, do início do perfil, até 12 m a situação anterior foi mantida. Entre 15 m e 30 m, o perfil permaneceu em equilíbrio, em relação ao perfil inicial, e dos 33 m para o final do perfil ocorreu novamente um déficit de sedimentos. Com relação a dezembro de 2002 constatou-se a instalação de processo erosivo, por quase todo o perfil, fazendo-se exceção apenas, um pequeno trecho, entre 12 m e 16 m, onde ocorreu a deposição de sedimentos da ordem de 0,15 m em escala



Foto 7.11 - Vista geral do perfil praiar P<sub>4</sub>, para Sul, na praia do Paiva, mostrando o desnível da escarpa de berma.



Foto 7.12 - Vista geral do perfil praiar P<sub>4</sub>, em direção ao mar, em de agosto de 2002 mostrando a extensão do estirâncio, bem como a linha de beachrocks que serve de anteparo às ações das ondas.

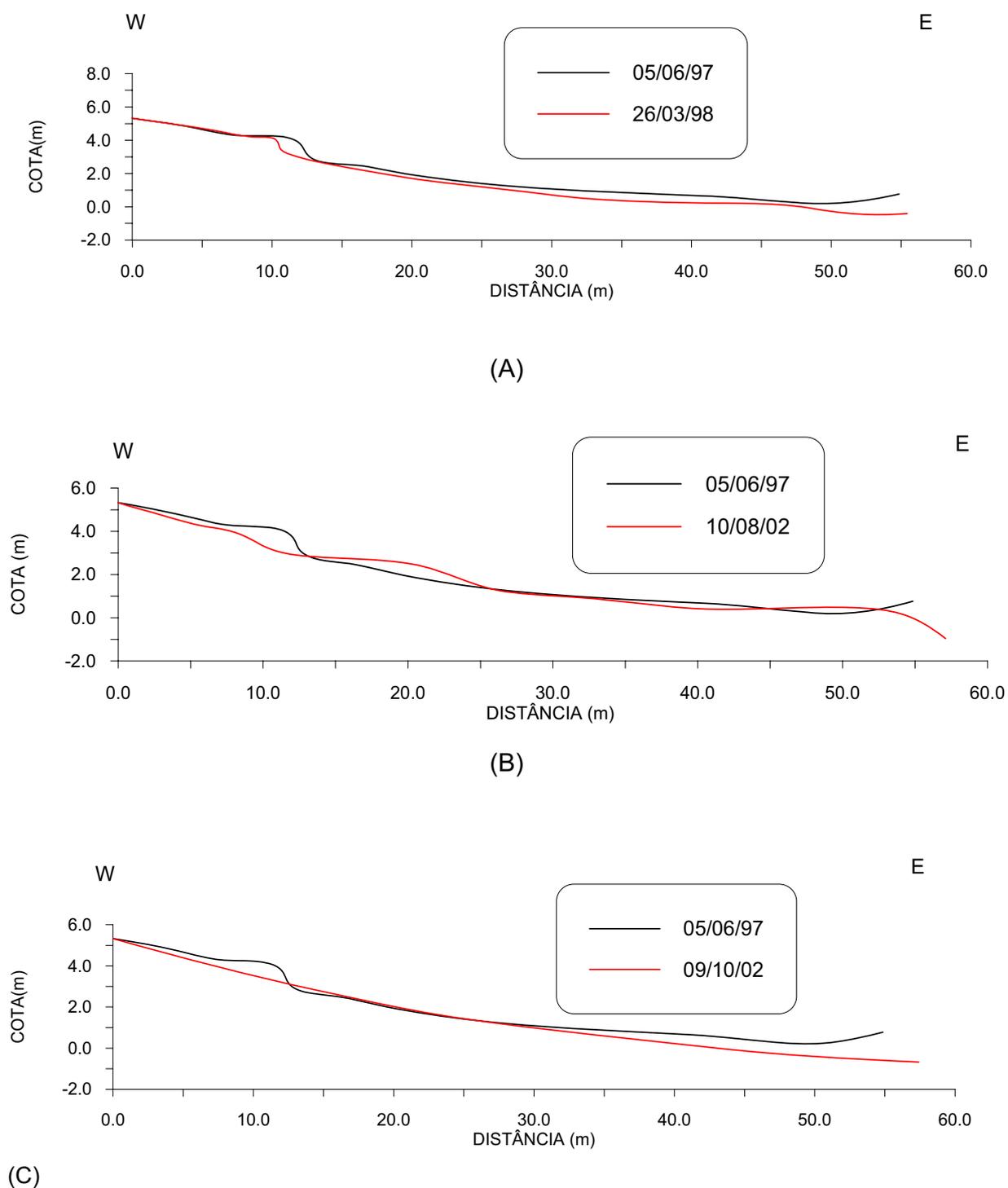
PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>4</sub>

Figura 7.14 – Representação gráfica dos perfis realizados na praia do Paiva: (A) Junho 1997 e março de 1998. (B) Junho de 1997 e agosto de 2002. (C) Junho de 1997 e outubro de 2002.

vertical. Por fim, no mês de fevereiro de 2003, observou-se o processo erosivo na maior parte do perfil, excetuando-se apenas, o setor entre 12 m e 27 m, onde há certo equilíbrio (Figura 7.15).

Os resultados quantitativos obtidos neste perfil (Tabela 7.5) para o período considerado, mostraram taxa de erosão média de  $14,36 \text{ m}^3/\text{m}$ . O gráfico do perfil  $P_4$ , (Figura 7.16) mostra-se com comportamento erosivo, no período amostrado, para este seguimento de praia. Em março de 1998 iniciou-se um período de recuperação do perfil, reavendo até agosto de 2002 um volume de  $9,9 \text{ m}^3/\text{m}$ . Porém, esta situação é logo revertida, atingindo em fevereiro de 2002 um déficit de sedimentos da ordem de  $9,31 \text{ m}^3/\text{m}$ . A representação gráfica dos volumes dos perfis  $P_4$ , no período monitorado, pode ser observada na Figura 7.17.

Tabela 7.5 – Variação de volume, no perfil  $P_4$ , em alguns meses monitorados.

PERFIL $P_4$ PRAIA DO PAIVA		
Mês	Volume ( $\text{m}^3/\text{m}$ )	$V_{n+1}-V_n$ ( $\text{m}^3/\text{m}$ )
Junho/97	104,94	0 *
Março/98	89,99	-14,95
Agosto/02	99,69	9,9
Fevereiro/03	90,38	-9.31

\*Mês de referência

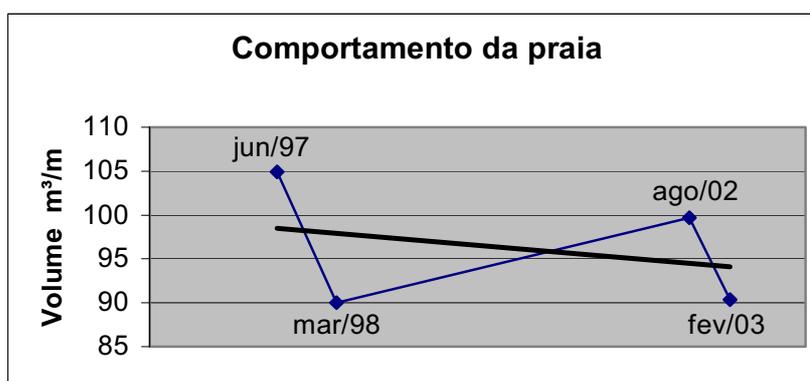


Figura 7.16 – Gráfico, do perfil  $P_4$ , mostrando um comportamento erosivo para este segmento de praia, durante o monitoramento.

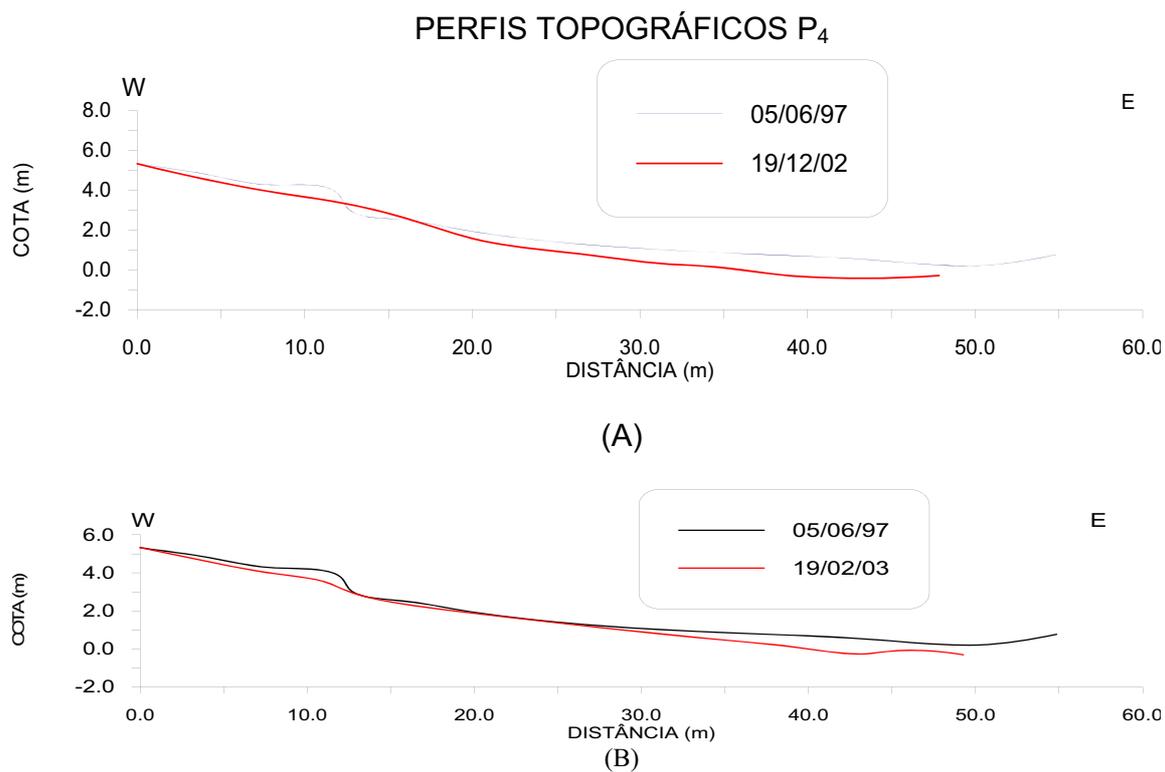


Figura 7.15 – Representação gráfica dos perfis topográficos na Praia do Paiva: (A) junho de 1997 e dezembro 2002. (B) Junho de 1997 e fevereiro de 2003. Abaixo, vista geral do perfil praiial P<sub>4</sub>, em direção ao mar em fevereiro de 2003, mostrando a pequena extensão do estirâncio, o médio grau de declividade, bem como a presença ampla linha de beachrocks que influencia nos parâmetros acima citados devido ao seu posicionamento na antepraia.

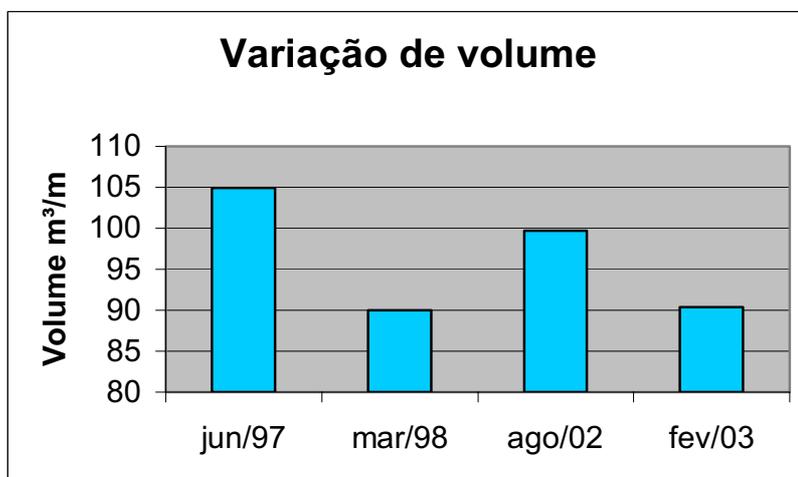


Figura 7.17 – Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P<sub>4</sub>, durante alguns meses de monitoramento.

#### 7.5.5 Perfil Praia P<sub>5</sub>

O perfil praial P<sub>5</sub> localizado na praia do Paiva de coordenadas UTM (285207 E ; 9083706 N), apresenta comprimento superior ao perfil P<sub>4</sub>, medindo cerca de 90 m e assim, como P<sub>4</sub>, mostra suas unidades morfológicas bem preservadas. A pós-praia exibe largura média de 7m, enquanto a escarpa de berma apresenta declividade variando entre 44° e 52°. A praia tem largura média de 42 m e declividade em torno de 5° (Foto 7.13 A e B). Na Figura 7.18, vê-se um conjunto de perfis realizados nos meses de junho 1997, março de 1998, agosto, outubro e dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. Comparando-se os perfis realizados, com o do mês de junho de 1997, constata-se que em março de 1998, ocorreu estabilidade morfológica, do setor de pós-praia até cerca de 10 m. Entre 12 m e 22 m ocorreu acúmulo de sedimentos e dos 25 m aos 35 m, outro intervalo sem alterações significativas; ao contrário, no restante do perfil houve instalação do processo erosivo. Em agosto de 1998, houve certa estabilidade morfológica nos primeiros 20 m do perfil seguida de uma pronunciada erosão (em torno de 1,0 m); porém esta situação foi revertida a partir de outubro de 2002, permanecendo praticamente estabilizada até fevereiro de 2003 (Figuras 7.19).

Os resultados quantitativos obtidos neste perfil (Tabela 7.6) para o período considerado, mostram taxa de erosão média de 126,38 m<sup>3</sup>/m. O gráfico do perfil P<sub>5</sub> (Figura 7.20) mostra comportamento erosivo, no período amostrado, para este seguimento de praia. Em agosto de 2002 inicia-se um período de recuperação do perfil, reavendo até fevereiro de 2003, o volume de

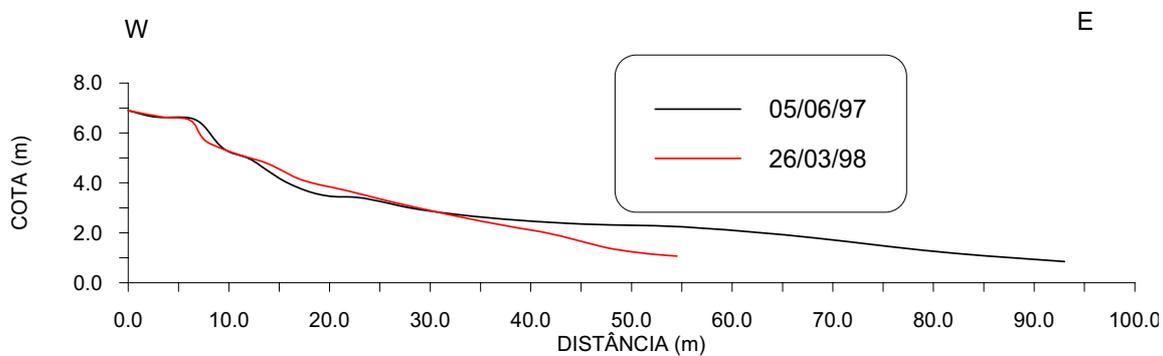


(A)

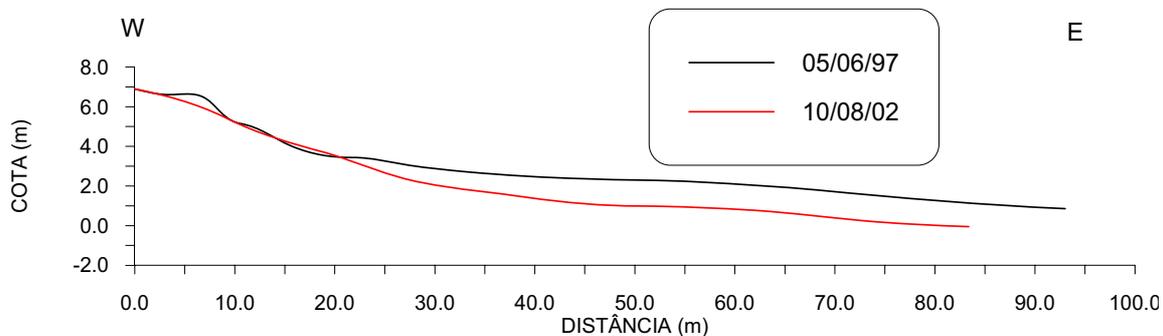


(B)

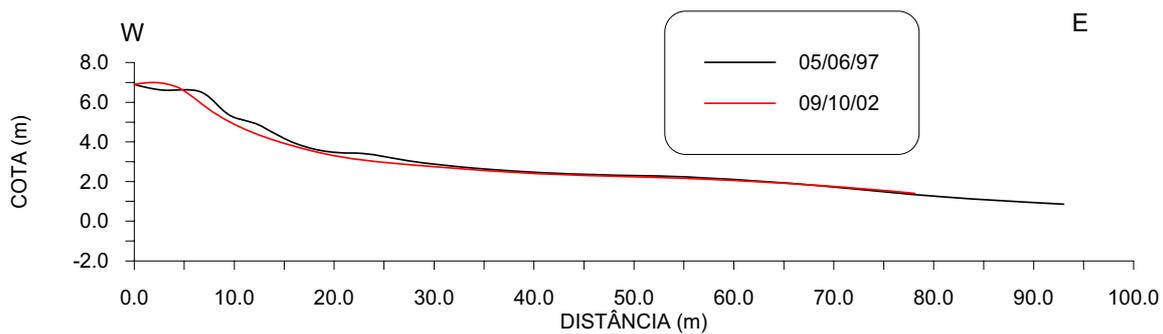
Foto 7.13 - Vista geral do perfil P<sub>5</sub> no mês de agosto de 2002: (A) Vista para Norte; (B) vista para Sul.

PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>5</sub>

(A)



(B)



(C)

Figura 7.18 – Representação gráfica dos perfis realizados na praia do Paiva. (A) Junho e março de 1997; (B) junho de 1997 e agosto de 2002 ; (C) junho de 1997 e outubro de 2002.

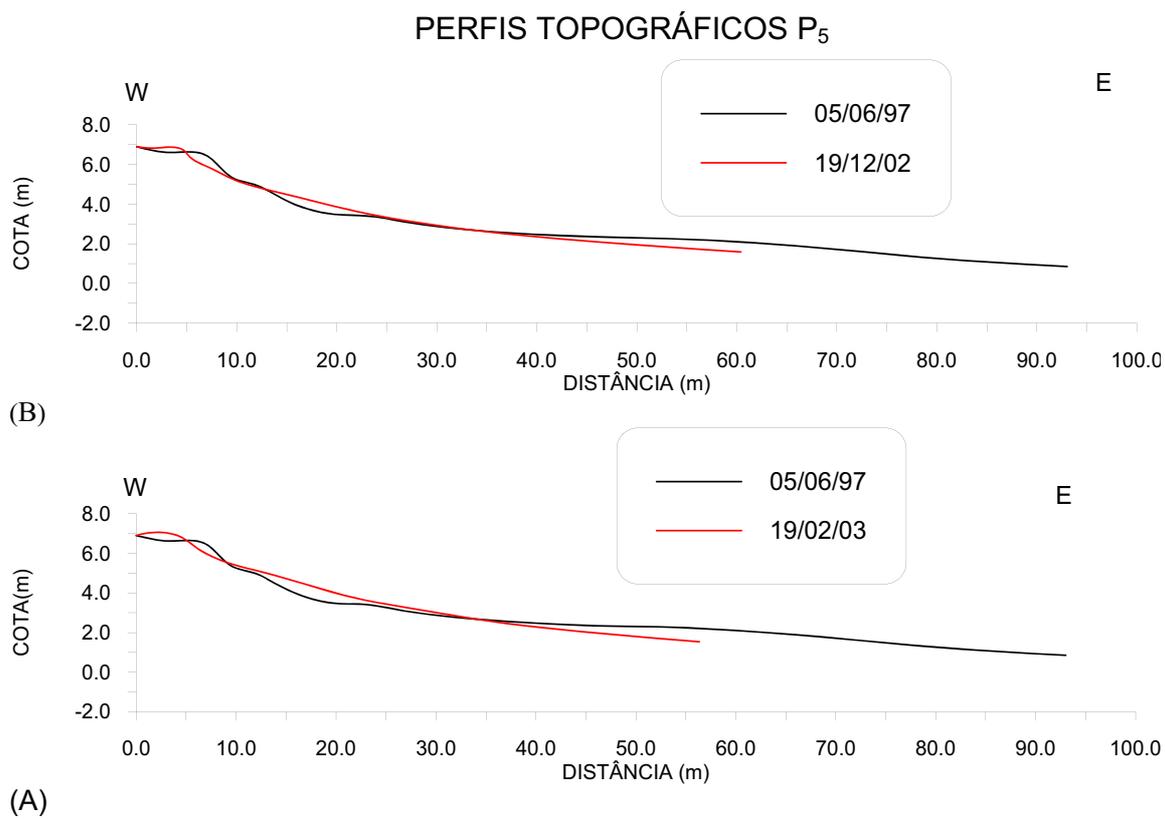


Figura 7.19 – Representação gráfica dos perfis na praia do Paiva: (A) Junho de 1997 e dezembro 2002; (B) junho de 1997 e fevereiro de 2003. Abaixo, vista geral do perfil praial P<sub>5</sub>, em direção ao mar, mostrando a largura da faixa de praia (estirâncio).

24,21 m<sup>3</sup>/m. A representação gráfica dos volumes dos perfis P<sub>5</sub>, no período monitorado, pode ser observada na Figura 7.21.

Tabela 7.6 – Variação de volume, no perfil P<sub>5</sub> em alguns meses monitorados.

PERFIL P <sub>5</sub> PRAIA DO PAIVA		
Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>n+1</sub> -V <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /m)
Junho/97	258,68	0 *
Março/98	188,58	-70,1
Agosto/02	178,19	-80,49
Fevereiro/03	202,40	24,21

\*Mês de referência

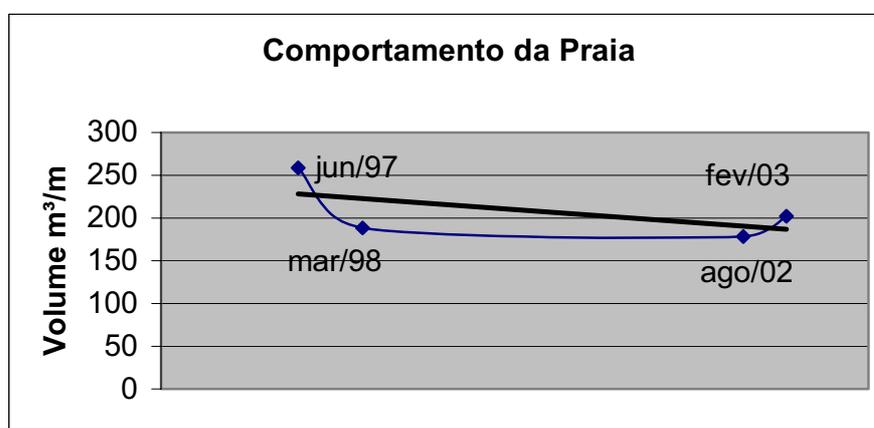


Figura 7.20 – Gráfico, do perfil P<sub>5</sub>, mostrando comportamento erosivo, para este segmento de praia, durante o monitoramento.

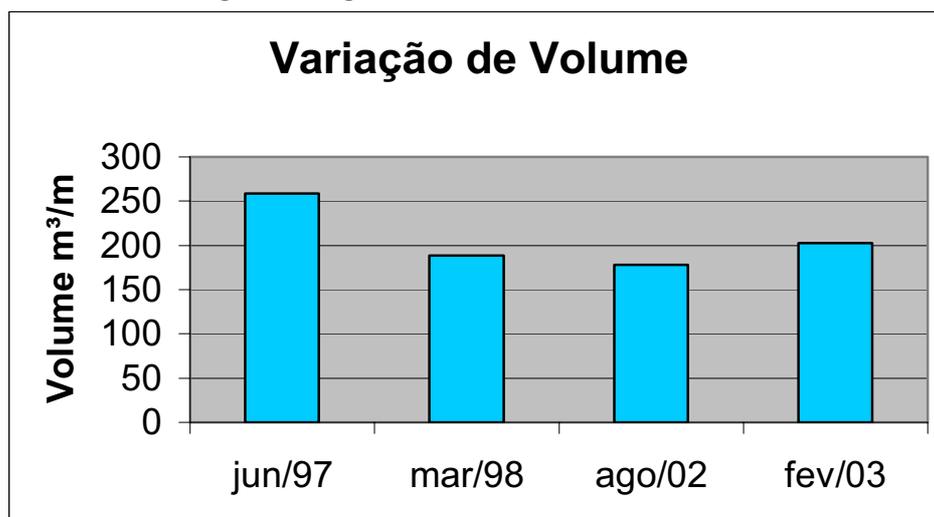


Figura 7.21 – Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P<sub>5</sub>, durante alguns meses de monitoramento.

### 7.5.6 Perfil Praial P<sub>6</sub> (Praia do Paiva)

O perfil praial P<sub>6</sub> localizado na praia de Enseada dos Corais com coordenadas UTM (285012 E ; 9082991 N), apresenta comprimento médio em torno de 80 m e suas unidades morfológicas do ambiente praial encontram-se bastante preservadas. A pós-praia tem, em média, 10 m de comprimento e, durante todo o monitoramento, mostrou atenuada erosão em relação ao primeiro mês monitorado (junho). A berma apresentou um desnível de cerca de 0,80 m e declividade variando de 6° até 20°. A praia tem largura média de 44 m e declividade de cerca de 4° (Foto 7.14). Na figura 7.22, vê-se um conjunto de perfis realizados nos meses de junho 1997, março de 1998, agosto, outubro e dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. Comparando-se os perfis realizados com o do mês de junho de 1997, constata-se que, em março de 1998, ocorreu estabilidade morfológica, do início do perfil até cerca de 10 m. Da parte superior da praia em diante, observou-se grande processo deposicional, chegando a medir 1,2 m em escala vertical (entre 12 m e 55 m de extensão do perfil), e estabilidade morfológica no restante do perfil. Essa situação foi revertida no mês de agosto de 2002, quando passou a apresentar processo erosivo na porção média da praia, seguido de deposição no setor de antepraia, permanecendo aproximadamente estabilizada até outubro de 2002 (Foto 7.15). A partir de dezembro de 2002 o setor de pós-praia experimentou progradação estendendo-se a largura deste setor para 20 m. O setor de praia fica estabilizado e a antepraia passou a sofrer acreção de sedimentos. Em fevereiro de 2003 o perfil volta a comportar-se aproximadamente como em junho de 1997 (Figura 7.23).

Os resultados quantitativos obtidos neste perfil (Tabela 7.7) para o período considerado, mostram taxa de erosão média de 1,02 m<sup>3</sup>/m.

Tabela 7.7 – Variação de volume, no perfil P<sub>6</sub>, em alguns meses monitorados.

PERFIL P <sub>6</sub> PRAIA DO PAIVA		
Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>n+1</sub> -V <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /m)
Junho/97	220,65	0 *
Março/98	232,81	12,16
Agosto/02	213,49	-19,32
Fevereiro/03	219,63	6,14

\* Mês de referência



Foto 7.14 - Vista geral do perfil praiar P<sub>6</sub>, para Norte, mostrando troncos de antigos coqueiros, expostos com a remoção de sedimentos em uma maré alta de agosto de 2002.



Foto 7.15 - Vista geral do perfil praiar P<sub>6</sub>, para Norte, no mês de dezembro de 2002 mostrando os troncos de coqueiros quase todos encobertos com deposição de sedimentos, devido a variação sazonal.

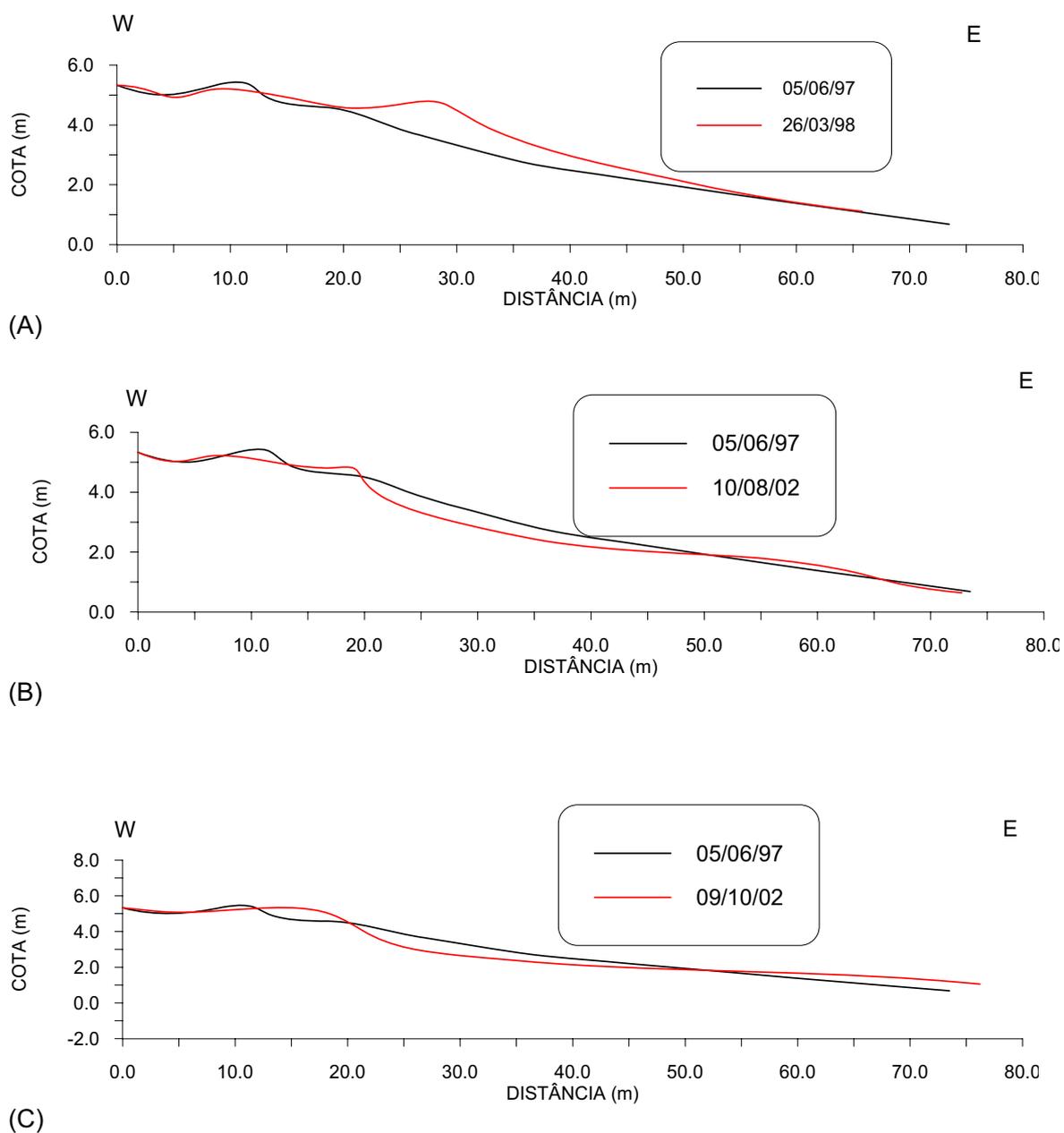
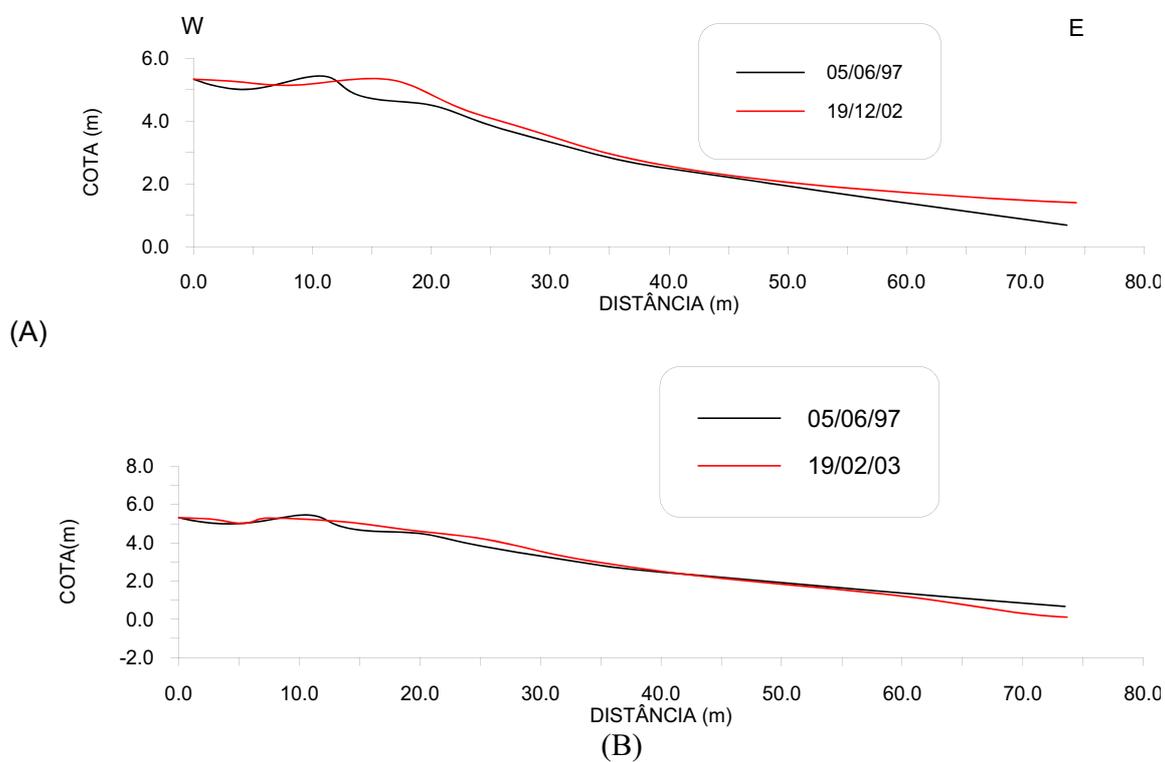
PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>6</sub>

Figura 7.22 – Representação gráfica dos perfis topográficos realizados na praia do Paiva: (A) Perfis de junho e março de 1997; (B) junho de 1997 e agosto de 2002. (C) junho de 1997 e outubro de 2002.

PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>6</sub>

(C) Figura 7.23 – Representação gráfica dos perfis topográficos da praia do Paiva: (A) Junho 1997 e dezembro de 2002; (B) junho de 1997 e fevereiro de 2002. Abaixo, vista parcial do perfil P<sub>6</sub>, para Norte, mostrando a escarpa de berma.

O gráfico do perfil P<sub>6</sub>, (Figura 7.24) mostra-se com comportamento erosivo, no período amostrado para este seguimento de praia. Em agosto de 2002 iniciou-se um período de recuperação do perfil, reavendo até fevereiro de 2003 um volume de 6,14 m<sup>3</sup>/m. A representação gráfica dos volumes dos perfis P<sub>4</sub>, no período monitorado, pode ser observada na Figura 7.25.

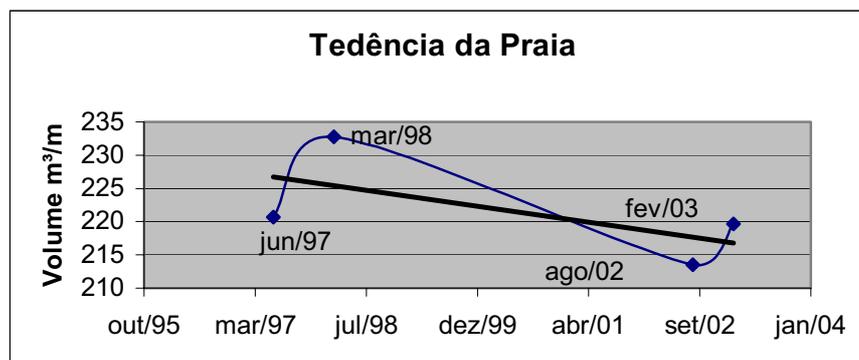


Figura 7.24 – Gráfico do Perfil P<sub>6</sub>, mostrando uma comportamento erosivo para este segmento de praia, durante o monitoramento.

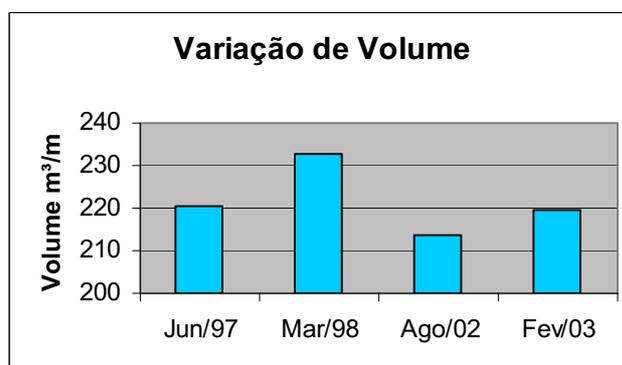


Figura 7.25 – Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P<sub>6</sub>, durante alguns meses de monitoramento.

### 7.5.7 Perfil Praial P<sub>7</sub> (Praia de Enseada dos Corais)

No perfil P<sub>7</sub> na praia de Enseada dos Corais, com coordenadas UTM (285604 E ; 9080754 N), assim como nos perfil P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, os nivelamentos foram realizados apenas nos meses de fevereiro e maio de 2003.

Apresenta extensão em torno de 90 m e suas unidades morfológicas mostram as seguintes características: i) a pós-praia tem em média 25 m de comprimento e encontra-se desprovida da interferência antrópica (perfil com RN posicionado em local ainda não construído); ii) a berma

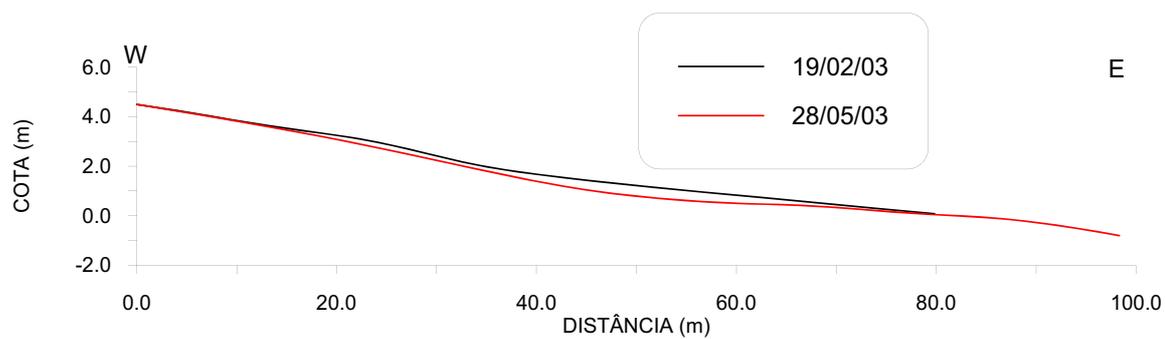
PERFIS TOPOGRÁFICOS P<sub>7</sub>

Figura 7.26 – Representação gráfica dos perfis da praia de Enseada dos Corais, comparando os dados de fevereiro de 2003 e maio de 2003. Abaixo, vista parcial, para Sul, do referido perfil, no mês de fevereiro de 2003.

apresenta desnível médio de 0,50 m, sendo às vezes suprimida pela ação das ondas incidentes; iii) a praia mostra largura média de 50 m de comprimento e declividade baixa em torno de 3° (Fotos 7.16 e 7.17).

Na Figura 7.26, vê-se a representação dos perfis realizados nos meses de fevereiro e maio de 2003. Analisando-se o comportamento dos perfis, observou-se uma certa estabilidade morfológica na porção superior da praia até cerca de 30 m de extensão. No setor médio da praia (entre 40 m e 65 m de extensão) ocorreu certo déficit de sedimento (cerca de 0,30 m em escala vertical) do perfil em maio de 2003, quando comparado a fevereiro do mesmo ano. No final do perfil, a estabilidade morfológica da porção superior da praia repetiu-se. Os resultados quantitativos obtidos neste perfil (Tabela 7.8) para o período considerado, mostraram taxa de erosão média de 15,14 m<sup>3</sup>/m.

Tabela 7.8 – Variação de volume, no perfil P<sub>7</sub>, em alguns meses monitorados

PERFIL P <sub>7</sub> (PRAIA DE ENSEADA DOS CORAIS)		
Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	
Fevereiro/03	160,18	0 *
Mai//03	145,04	-15,14

\*Mês de referência

O gráfico do perfil P<sub>7</sub> (Figura 7.27) evidencia comportamento erosivo, no período amostrado, para este seguimento de praia, fato este corroborado pelos dados dos volumes calculados no período monitorado (Figura 7.28).

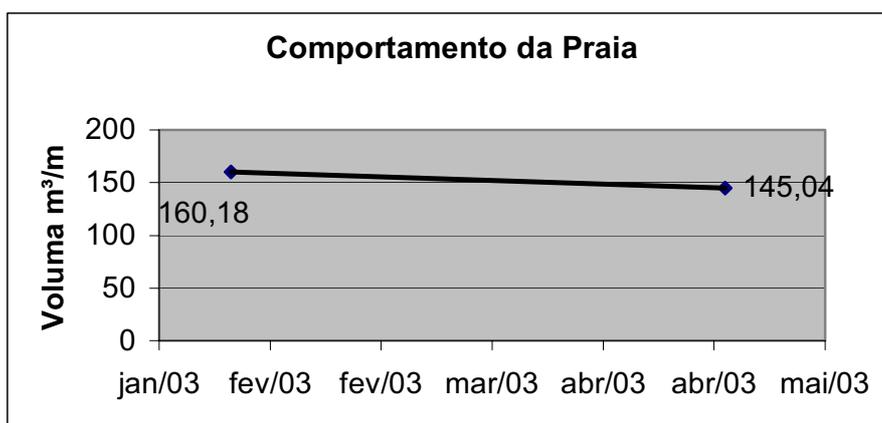


Figura 7.27 – Gráfico, do perfil P<sub>7</sub>, mostrando uma tendência erosiva para este segmento de praia, durante o monitoramento.



Foto 7.16 - Vista parcial, contrária ao mar, do perfil P<sub>7</sub>, exibindo coqueiro com as raízes expostas na praia de Enseada dos Corais.

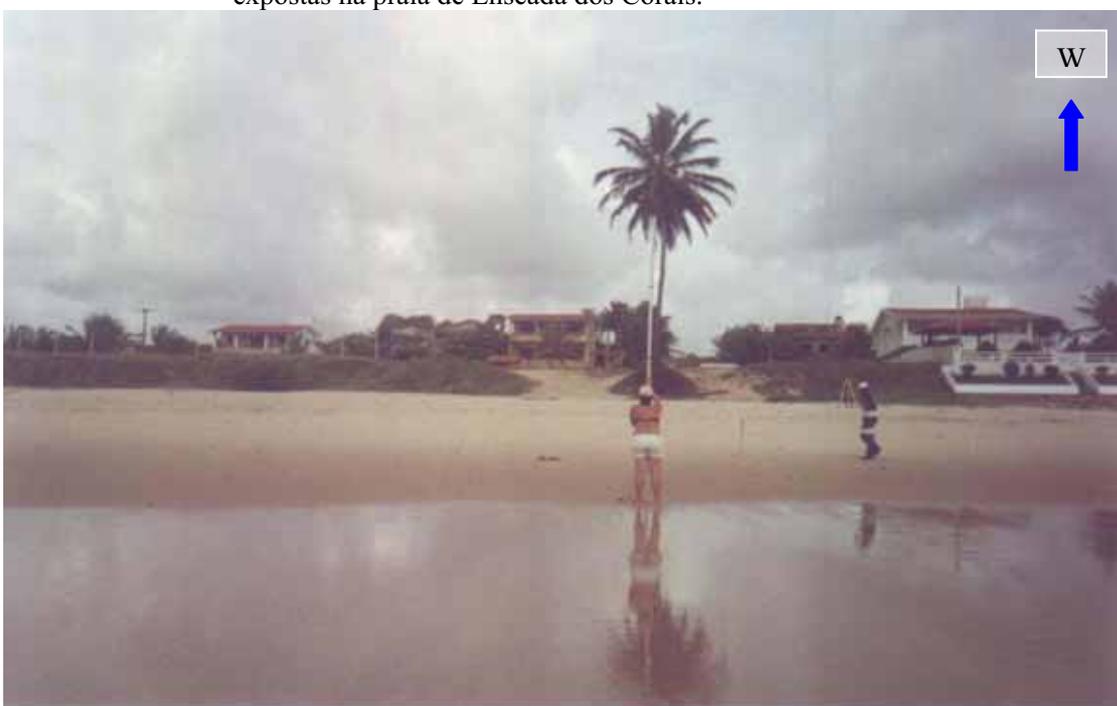


Foto 7.17 - Vista geral, contrária ao mar, do perfil praiar P<sub>7</sub> na praia de Enseada dos Corais.

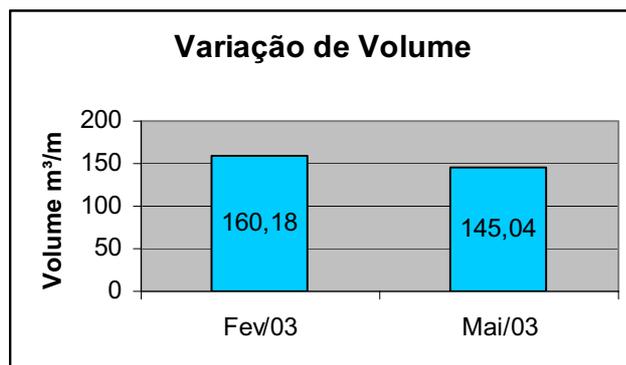


Figura 7.28 – Gráfico mostrando a variação de volume, no perfil P<sub>7</sub>, durante alguns meses de monitoramento.

### 7.5.8 Perfil Praial P<sub>8</sub> (Praia de Gaibu)

O perfil praial P<sub>8</sub> na praia de Gaibu de coordenadas UTM (285136 E ; 9078406 N), apresenta extensão em torno de 34 m (Figura 7.29). Sua escarpa de erosão está, às vezes, colonizada por vegetação típica de praia. Este aspecto é interessante porque a porção mais elevada da praia (pós-praia) está protegida do processo de percolação de águas de pluviosidade, conseqüentemente, da erosão devido ao fluxo laminar continente – mar, fato ressaltado pela presença da cobertura vegetal que dificulta o fluxo de sedimentos no sentido do mar. Deve-se, contudo notar que o processo erosivo marinho já está atuante nas proximidades do perfil, ficando marcado por obras simples de contenção da escarpa de berma (sacos plásticos preenchidos com areia), evidenciado pela presença de coqueiros derrubados pelos pela ação das ondas (Foto 7.18).

A praia ou estirâncio apresenta largura média de 14 m e declividade em torno de 6°. Na Figura 7.26, foi plotado o perfil realizado em novembro de 2001 onde se observa, na altura da cota zero (linha da água), pequena elevação no traço do perfil, que caracteriza a existência de barra, típica de praias intermediárias de barra de transversal a terraço de maré baixa, conforme Wright & Short (1984.).

Através da observação das linhas de *beachrocks* (rochas de praia), constata-se que a configuração da linha de costa pretérita, nas imediações das praias próxima a este perfil, era retilínea ao contrário da linha de costa atual que apresenta forma de pequena baía em função da interrupção em alguns locais destes cordões de *beachrocks* (Foto 7.19).

## PRAIA DE GAIBU – PE

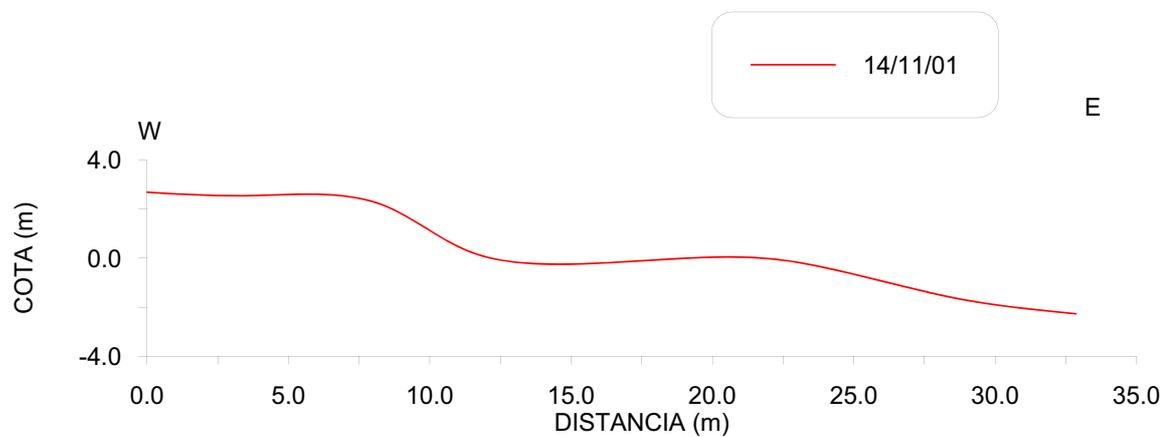


Figura 7.29 - Elevação no traçado do perfil que caracteriza a existência de barra típica de praias intermediárias de barra transversal a terraço de maré baixa. Abaixo, vista de Norte para Sul nas proximidades do perfil 8, onde se observa em detalhe uma das linhas de beachrocks aplainada à faixa de praia (estirâncio).



Foto 7.18 - Sacos plásticos preenchidos com areia, na escarpa de berma, visando amenizar o processo erosivo já instalado.

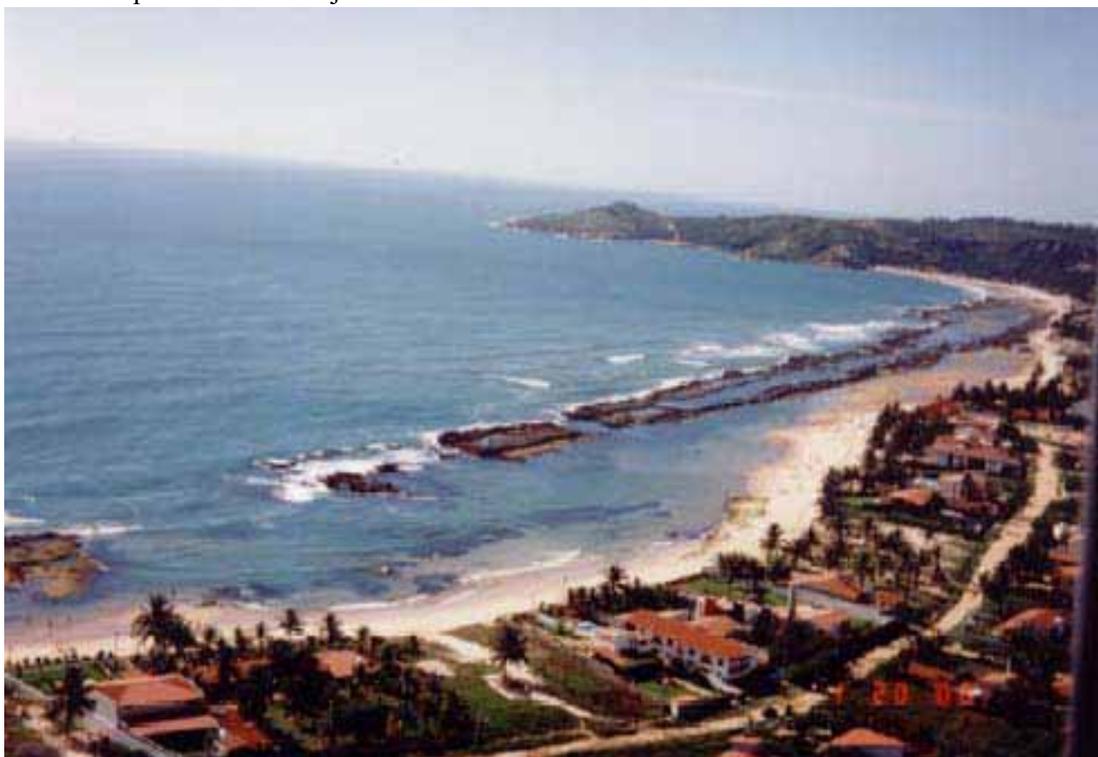


Foto 7.19 – Vista de N-S mostrando configuração da linha de costa pretérita (*beachrocks*), retilínea, ao contrário da linha de costa atual que apresenta forma de pequena baía em função da interrupção em alguns locais, destes cordões de *beachrocks* na praia de Gaibu, PE. (Foto – PMC, 2002).

### 7.5.9 Perfil praial P<sub>9</sub> (Praia de Gaibu)

O perfil praial P<sub>9</sub> na praia de Gaibu de coordenadas UTM (285227 E ; 9077435 N), apresenta extensão em torno de 50 m (Figura 7.30). Observa-se que do promontório da praia de Gaibu em direção ao perfil anterior P<sub>8</sub>, também, na referida praia, ocorre uma variação na altura da escarpa de berma do valor mínimo até o máximo de 2,8 m. Tal variação na escarpa pode ser explicada pela presença ou não das linhas de *beachrocks* e pela própria influência do granito do Cabo de Santo Agostinho (promontório) na dinâmica das ondas e na deriva litorânea. Nas proximidades deste perfil as linhas de *beachrocks* encontram-se praticamente soterradas o que torna o processo erosivo relevante. Coqueiros plantados há mais de duas décadas podem ser vistos com suas raízes expostas pela ação das águas. Também é importante ressaltar que a pós-praia acha-se ocupada por construções residenciais, bares e restaurantes e até mesmo a praia ou estirâncio, é utilizada por barraqueiros que, apesar de serem atingidos nas marés de sizígia, usam o setor como local de comércio para sua própria sobrevivência (Fotos 7.20 e 7.21).

Na tabela 7.9 encontra-se o volume de material nos perfis P<sub>1</sub> a P<sub>7</sub> como também a diferença em volume (m<sup>3</sup>/m) determinado entre um levantamento e o seguinte.

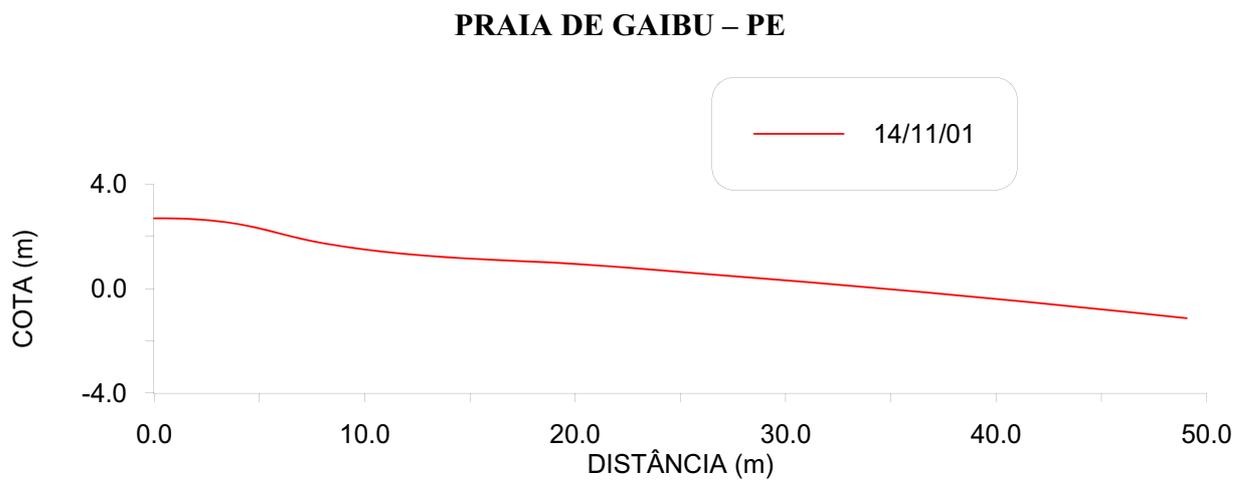


Figura 7.30 – Representação gráfica do perfil P<sub>9</sub>, praia de Gaibu – PE. Abaixo, vista geral, de Sul para Norte do perfil.



Foto 7.20 – Vista de Sul para Norte, nas proximidades do perfil 8, onde se observa, em detalhe uma das linhas de beachrocks acoplada à faixa de praia (estirâncio) como também, o elevado desnível da escarpa de berma.



Foto 7.21 - Coqueiros plantados a mais de duas décadas com suas raízes expostas pela ação das águas na maré alta, como também, ocupação da pós-praia e praia (estirâncio), por construções residenciais e bares.

Tabela 7.9 - Volume de material nos perfis P<sub>1</sub> a P<sub>7</sub>, como também a diferença em volume (m<sup>3</sup>/m) determinado entre um levantamento e o seguinte.

PERFIL	PRAIA	MÊS	VOLUME (m <sup>3</sup> /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m <sup>3</sup> /m)
P <sub>1</sub>	Praia do Paiva	Outubro /02	265,42	0 *
P <sub>1</sub>	Praia do Paiva	Dezembro /02	342,91	+77,49
P <sub>1</sub>	Praia do Paiva	Fevereiro/02	337,30	-5,61
P <sub>1</sub>	Praia do Paiva	Maior /03	236,35	-100,95
P <sub>3</sub>	Praia do Paiva	Fevereiro/03	538,64	0 *
P <sub>2</sub>	Praia do Paiva	Maior/03	572,46	33,82
P <sub>3</sub>	Praia do Paiva	Fevereiro/03	209,95	0 *
P <sub>3</sub>	Praia do Paiva	Maior/03	133,55	-76,4
P <sub>4</sub>	Praia do Paiva	Junho/97	104,94	0 *
P <sub>4</sub>	Praia do Paiva	Março/98	89,99	-14,95
P <sub>4</sub>	Praia do Paiva	Agosto/02	99,69	9,9
P <sub>4</sub>	Praia do Paiva	Fevereiro/03	90,38	-9,31
P <sub>5</sub>	Praia do Paiva	Junho/97	258,68	0 *
P <sub>5</sub>	Praia do Paiva	Março/98	188,58	-70,1
P <sub>5</sub>	Praia do Paiva	Agosto/02	178,19	-80,49
P <sub>5</sub>	Praia do Paiva	Fevereiro/03	202,40	24,21
P <sub>6</sub>	Praia do Paiva	Junho/97	220,65	0 *
P <sub>6</sub>	Praia do Paiva	Março/98	232,81	12,16
P <sub>6</sub>	Praia do Paiva	Agosto/02	213,49	-19,32
P <sub>6</sub>	Praia do Paiva	Fevereiro/03	219,63	6,14
P <sub>7</sub>	Praia de Enseada dos Corais	Fevereiro/03	160,18	0 *
P <sub>7</sub>	Praia do Paiva	Maior/03	145,04	-15,14

\* Mês de referência

## 7.6 Considerações Parciais

Analisando-se o trecho da praia, nas imediações do perfil P<sub>1</sub>, durante o monitoramento, verifica-se uma morfologia com bastante variação nos setores de praia (estirâncio) e antepraia, tendo maior volume de material, 342,91 m<sup>3</sup>/m em dezembro de 2002 (verão) e o menor, 236,35 m<sup>3</sup>/m em maio (inverno). Observa-se ainda que, durante os meses de estudos, houve um crescimento do volume de material de inverno para verão, atingindo o máximo em dezembro de 2002. A parti deste mês de crescimento, até o último mês monitorado (maio de 2003).

No que se refere ao trecho de praia do perfil P<sub>2</sub>, constata-se que, provavelmente, a redução da pós-praia, que vem ocorrendo neste setor, seja função do acentuado processo erosivo atuante na margem direita do rio Jaboatão, já que durante o monitoramento houve uma taxa de deposição média da ordem de 33,82 m<sup>3</sup>/m.

Verifica-se que com relação aos considerados novos perfis (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, e P<sub>7</sub>), com exceção apenas de P<sub>2</sub>, nos meses de fevereiro e maio de 2003, todos eles apresentaram uma diminuição de volume do material de fevereiro (verão) em relação a maio (inverno).

Também os perfis P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub> e P<sub>6</sub>, com exceção de P<sub>4</sub>, mostraram o mesmo comportamento dos referidos acima, ou seja: maior volume de material em fevereiro de 2003 (verão) do que agosto de 2002 (inverno).

Os resultados quantitativos obtidos nos perfis para o período considerado mostraram uma taxa de erosão média que variou entre 1,02 m<sup>3</sup>/m e 76,4 m<sup>3</sup>/m, como, também, os gráficos dos perfis apresentaram comportamento erosivo para todos perfis realizados, fazendo-se exceção apenas, o perfil praias P<sub>2</sub>, cujos resultados quantitativos obtidos, no mesmo, para o período de estudo, mostrou uma taxa de deposição média de 33,82 m<sup>3</sup>/m, enquanto que o gráfico do perfil apresentou um leve comportamento deposicional.

Por outro lado a existência, nas imediações do perfil P<sub>1</sub>, de um pontal (*Spit*) em formação associado a um estuário bastante degradado, como também, as correntes de deriva litorânea, predominantemente, no sentido S-N, na área estudada, permite concluir que provavelmente o pontal (*spit*), já referido, esteja se formando através dos sedimentos transportados pelo estuário do rio Jaboatão, em concomitância com o material proveniente do *déficit* sedimentar dos outros perfis estudados.

**CAPÍTULO 8**  
**PLATAFORMA CONTINENTAL**  
**INTERNA ADJACENTE**

## CAPÍTULO 8 – PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE

As plataformas continentais constituem extensões submersas dos continentes apresentando pequena declividade rumo ao mar (1:1000), mergulhando desde a praia até uma acentuada mudança de gradiente, conhecida geralmente como borda ou ruptura da plataforma.

Os aspectos amplos e planos das plataformas continentais, resultaram dos trabalhos erosivos e deposicionais, correlacionados a uma série de transgressões e regressões marinhas, durante os períodos de glaciação e deglaciação global.

Ao longo do tempo geológico, os eventos de oscilação do nível do mar têm exposto, totalmente ou em parte, as plataformas continentais, transformando-as em planícies costeiras onde se estabeleceram prolongamentos da drenagem continental. Durante esses períodos, as linhas de costa foram constantemente deslocadas, resultando na construção e destruição de inúmeros ambientes costeiros, formados pela interação dos fenômenos de dinâmica marinha (ondas, marés correntes), com os processos geológicos atuantes sobre os continentes.

Os fenômenos erosivos e o de sedimentação marinha concentraram-se na faixa de antepraia. Desta maneira a morfologia, bem como a cobertura sedimentar da maioria das plataformas continentais, são relíquias dos ambientes sedimentares instalados em períodos de nível do mar mais baixo do passado geológico recente.

Poucas margens continentais apresentam uma variedade tão grande de morfologia, tipos de sedimentos e ambientes, quanto a plataforma brasileira.

Como província fisiográfica, a plataforma continental, pertence a margem continental, segundo a classificação estabelecida por Heezen & Menard (1966)

Deve-se a Kempt (1970), a primeira tentativa de divisão da plataforma do Nordeste sendo, inclusive, de caráter biológico. Ficou estabelecida a profundidade de 35 a 40 m como limite entre as zonas de infralitoral e circalitoral, em função do desaparecimento do fanerógama *Halophila decipens* (Pérés & Picard, 1964).

### 8.1. Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental Adjacente de Pernambuco

A divisão da Plataforma Continental do Nordeste em três trechos (plataforma interna, média e externa), considerando aspectos diversos da morfologia e da distribuição da variedade de sedimentos foi proposta por Coutinho (1976). A área entre a linha de praia e a isóbata de 20 m, segundo este autor, corresponde à plataforma interna. Esta apresenta, em geral, um relevo suave e algumas irregularidades, devido à presença de canais e dos recifes, que funcionam como substrato ao desenvolvimento de algas e corais. Nota-se a presença de areias

terrígenas quartzosas de granulometria média a grossa, com certa quantidade de material biodetrítico que aumenta com a profundidade. Ocorre, ainda, muito pouco cascalho e algumas manchas de lama entre a praia e os recifes, geralmente ocupando depressões do substrato. O material fino transportado pelos rios é composto basicamente por argila e silte terrígeno, com certa quantidade de areia biodetrítica. Tal sedimento apresenta coloração escura e alto teor de matéria orgânica. O teor de carbonato de cálcio nos sedimentos é geralmente inferior a 25%. Ocorre uma predominância de associações carbonáticas, representadas pelas algas coralinas ramificadas e incrustantes, *Halimeda* e moluscos com ou sem foraminíferos bentônicos. Também os componentes bióticos são muito retrabalhados, devido à alta energia do ambiente.

A plataforma média posiciona-se entre as isóbatas de 20 e 40 metros, e exibe um relevo bem mais irregular, com presença de canais representativos e paleovales, formados a partir da dissecação da plataforma quando exposta em épocas pretéritas. Nesta, predominam os sedimentos carbonáticos representados por areias e cascalhos formados por algas coralinas ramificadas, maciças, concreções e/ou artículos de *Halimeda*, moluscos, briozoários e foraminíferos. As associações carbonáticas não mostram sinal de retrabalhamentos.

A plataforma externa de acordo com Coutinho (1976) está situada entre as isóbatas de 40 e 60m, apresentando-se cobertas com areias biodetríticas, cascalho de algas e lama cinza azulado. As *Halimedas* tendem a ser mais abundantes e o teor de carbonato de cálcio é superior a 75%. As associações carbonáticas são muito retrabalhadas, evidenciando o caráter reliquia dos sedimentos. Vales e cristas dispostos perpendicularmente à costa caracterizam este segmento da plataforma. Tais vales e cristas representam um sistema de erosão em plataformas carbonáticas, expostas subaereamente quando a sedimentação subsequente não foi suficiente para recobri-las. A plataforma externa apresenta ruptura múltipla em degraus, correspondendo a terraços de borda de plataforma. Apresenta-se quase que de maneira geral com reduzida largura, em média de 35 km, pouca profundidade, declive suave quebra da plataforma em torno de 50 a 60 m, águas relativamente quentes, elevada salinidade e uma cobertura sedimentar quase que inteiramente composta por sedimentos carbonáticos biogênicos.

As linhas de *beachrocks* (rocha de praia), geralmente paralelos à costa, servindo de substrato para algas e corais, representam um dos traços mais característicos do litoral de Pernambuco. Tais linhas também representam uma efetiva proteção ao litoral, já que absorvem cerca de 70% da energia das ondas incidentes, mesmo estando completamente submersas.

Pode-se dizer que uma importante e ativa produção carbonática orgânica, que responde pelo desenvolvimento exacerbado de fundos de algas calcárias, caracteriza a plataforma continental de Pernambuco.

Os principais componentes dos sedimentos de fundo da plataforma são as algas da família *Coralinaceae*, subfamília *Melobesiae*, com uma ou mais espécies do gênero *Lithothamnium*. Apresentam em sua constituição cerca de 75 a 95% de carbonato de cálcio, 4 a 10% de carbonato de magnésio e oligoelementos. Na maioria das vezes, o limite superior de ocorrência destas algas calcárias está ligado diretamente ao fim da influência terrígena, normalmente em torno de 20 m, enquanto seu limite inferior está situado entre 80 m e 90 m, raramente atingindo a 100 m.

Além das algas coralinas pode-se destacar, ainda, as algas verdes calcificadas representadas pelo gênero *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillius*, que são igualmente formadores de sedimentos. Outro fator também marcante da plataforma de Pernambuco é a pequena quantidade de corais com relação ao grande desenvolvimento de algas (Mabesoonne & Coutinho, 1970). O crescimento desses corais ficou restrito aos substratos litificados, representados pelas antigas linhas de praias ou estruturas de recifes algálicos. O crescimento atual dos corais é restrito ao lado externo dos recifes de arenitos ou sobre as construções de algas calcárias incrustantes.

Coutinho (1976) afirma que a predominância de sedimentos carbonáticos orgânicos na plataforma continental de Pernambuco deve ser proveniente da interação dos seguintes fatores:

- a) Plataforma estreita, rasa, águas quentes, elevada salinidade e ação das correntes;
- b) Predominância de clima semi-árido no interior do continente, resultando no pequeno aporte de sedimento à plataforma e, conseqüentemente, presença de substrato duro, desprovido de sedimento fino, ideal para fixação de epifauna e epiflora;
- c) Fraco desenvolvimento de corais hermatípicos;
- d) Fenômeno de competição, algas calcárias x corais.

## **8.2 Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental Interna da Área Estudada**

O objetivo maior da pesquisa da plataforma interna da área estudada é a apresentação da distribuição superficial dos sedimentos que atapetam esta plataforma, como também sua relação com a morfologia de fundo e a dinâmica atuante no meio, contribuindo desta forma para o melhor entendimento dos ambientes litorâneos modernos.

Por intermédio das análises granulométricas cuja metodologia encontra-se no capítulo 2 foram identificadas e classificadas as frações cascalho, areia e lama (Tabela 1; Anexo 1) e considerando-se o diagrama triangular de Shepard (1954), registrou-se a presença das fácies areia, predominantemente, areia cascalhosa, e de forma menos expressiva, areia lamosa e lama arenosa (Figura 8.1).

- I) Fácies areia – foi a fração dominante apresentando, quase sempre, valores superiores a 90 % e encontra-se disseminada em toda a plataforma interna da área estudada. Mostra-se com partes terrígenas, em geral de quartzo, e bioclásticos, tais como: briozoários, algas, e foraminíferos em proporções variadas.
- II) Fácies areia cascalhosa – ocorreu, na área estudada, de forma restrita na altura da praia do Paiva sobre o recife submerso sendo composta por material quatzoso fino, fragmentos de algas (*Halimeda*), corais e moluscos (Figura 8.1).
- III) Fácies areia lamosa – foi encontrada, apenas, em uma pequena área ao Norte, especificamente na região próxima a desembocadura do rio Jaboatão (Figura 8.1). O material detrítico é constituído, em sua maioria, por quartzo e por fragmentos de rocha. Frequentemente o quartzo se mostra sub-anguloso a sub-arredondado, com esfericidade variando de alta a baixa e apresentando, às vezes, oxidação superficial. No que se refere ao material biogênico é formado, geralmente, por fragmentos de conchas, como também, fragmentos de conchas e corais.
- IV) Fácies lama arenosa – foi observada, simplesmente, em duas pequenas concentrações também ao sul da área e próximas à desembocadura do rio Jaboatão, uma delas anterior à fácies areia lamosa e a outra posterior à mesma fácies referida. Em ambas as ocorrências a fácies lama arenosa apresentou coloração cinza escuro e percentuais de silte/argila superiores a 65%. O material arenoso apresentou-se com composição de quartzo com formas sub-angulosas a sub-arredondadas e esfericidade alta.

A fração cascalho se apresenta em quase toda área em quantidades pequenas, em geral não ultrapassando a 6 %; no entanto, em determinados setores os percentuais ficaram entre 11 e 38,5 % (Tabela 1; Anexo 1).

A fração areia é a dominante em toda a área estudada apresentando, quase sempre, valores superiores a 90%. Mostra-se com partes terrígenas, em geral quartzo, e bioclásticos, tais como: briozoários, algas, e foraminíferos em proporções variadas. A fração lamosa (silte/argila), na grande maioria das amostras apresentou-se com percentuais inferiores a 3 %. Apesar de tais valores baixos, a referida fração pôde ser encontrada, praticamente, por toda a



área, havendo, entretanto, maior concentração nas proximidades da desembocadura do rio Jaboatão (valores superiores a 66 %) e na plataforma adjacente à praia do Paiva, em locais mais abrigados da ação das ondas e correntes, por trás da linha de *beachrocks*, onde se encontrou percentuais com valores superiores a 12 %.

### 8.3 Análise Química dos Sedimentos da Plataforma Interna da Área Estudada

De uma maneira geral, a grande maioria dos estudos na plataforma continental estão concentrados nas propriedades dos sedimentos terrígenos. Apesar de se constituir num aspecto bastante importante no estudo dos sedimentos, pouco se conhece com relação aos componentes carbonáticos, mais precisamente os elementos biogênicos.

O conteúdo de carbonato de cálcio ou, mais precisamente, os elementos calcários biogênicos dos sedimentos da plataforma continental depende, basicamente, de três fatores: temperatura da água, turbidez e taxa de sedimentação. O conteúdo de carbonato de cálcio, tanto nos sedimentos como nos organismos, é função direta da temperatura elevada (Urien et al, 1992).

No tratamento químico feito nos sedimentos, procurou-se analisar as amostras com os maiores e menores percentuais de carbonato biogênico na área estudada. Constatou-se que das amostras analisadas, as que apresentaram percentuais mais elevados se encontravam posicionadas, predominantemente, no extremo norte da área na praia do Paiva. Essas amostras, com coordenadas UTM compreendidas entre 290126 E, 286737 E e 9090995 N, 9086684 N, mostraram concentrações entre 55 % e 90,90 % de carbonato biogênico. Os sedimentos cascalhosos, arenosos e lamosos ricos em fragmentos de conchas foram os que apresentaram tais índices. Já a maior parte das amostras localizadas, no extremo Sul da área, nas proximidades do Cabo de Santo de Agostinho, praia de Gaibu, apresentaram percentuais baixos de carbonatos biogênicos, com valores sempre inferiores 8,10 %, e mínimo de 4,50 % (Tabela – 8.1). Praticamente, tais amostras correspondem, em posicionamento, aos perfis sedimentológicos P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> nas coordenadas UTM 287210 E, 286733 E e 9080646 N, 9078266 N.

Com relação à maior concentração de carbonato no extremo norte da área, a princípio parece, até certo ponto não muito coerente em função do influxo de sedimentos fluviais (rio Jaboatão) ser também um agente que afeta consideravelmente o desenvolvimento organógeno. Porém, tal influxo de sedimentos, provavelmente, não deve influenciar muito na concentração de carbonatos, porque a corrente de deriva posiciona-se, predominante, de

sul para norte. Além do referido a presença de duas linhas de recifes submersas em tal local, deve favorecer a concentração dos carbonatos biogênicos.

Os sedimentos com diâmetro superior a 2mm são compostos principalmente por carapaças cabonáticas e concentram-se no entorno dos recifes em profundidades entre 5 m e 15 m, bem como, no próprio corpo do recife.

Tabela 8.1 – Parâmetros percentuais de carbonato dos sedimentos da área estudada.

Amostra	Lat. (UTM)	Long.(UTM)	CaCo <sub>3</sub> (%)
P <sub>1</sub> - 91	9077607	286033	9,60
P <sub>2</sub> – 215	9078266	287210	4,50
P <sub>2</sub> – 226	9078214	285634	5,95
P <sub>3</sub> – 77	9079035	286188	8,60
P <sub>3</sub> – 43	9078597	287948	11,05
P <sub>3</sub> - 471	9079011	289529	47,15
P <sub>3</sub> – 77	9079035	286188	8,60
P <sub>3</sub> - 121	9078704	288641	23,35
P <sub>3</sub> – 47	9078970	286703	5,80
P <sub>3</sub> – 240	9078883	287270	6,5
P <sub>N3</sub> - 330	9080646	286733	7,50
P <sub>4</sub> – 49	9080466	289917	31,85
P <sub>4</sub> – 50	9081621	286789	16,1
P <sub>5</sub> – 140	9083029	286066	8,15
P <sub>5</sub> – 139	9082288	286354	10,1
P <sub>5</sub> – 244	9082445	288433	36,6
P <sub>5</sub> – 250	9082943	286422	6,60
P <sub>5</sub> – 583	9082210	286750	8,10
P <sub>5</sub> – 34	9082214	287339	17,85
P <sub>5</sub> - 241	9082250	287627	17,25
P <sub>N5</sub> - 325	9083608	286020	10,40
P <sub>N5</sub> - 324	9083692	286864	13,40
P <sub>N5</sub> - 323	9083704	287621	26,00
P <sub>6</sub> – 228	9084060	288744	56,00
P <sub>6</sub> – 195	9084849	287162	20,95
P <sub>N6</sub> – 322	9084918	287321	27,95
P <sub>6</sub> – 475	9084980	286604	15,50
P <sub>N6</sub> – 208	9085630	286241	9,00
P <sub>7</sub> - 472	9086684	286737	40,35
P <sub>7</sub> – 610	9086798	287920	68,95
P <sub>8</sub> – 217	9087521	289279	90,90
P <sub>N9</sub> – 204	9088815	288387	56,80
P <sub>9</sub> – 606	9089148	290586	55,00
P <sub>9</sub> – 218	9089223	289875	67,50
P <sub>N10</sub> – 210	9090995	290618	65,65
P <sub>N10</sub> - 209	9090783	290126	67,55
P <sub>N10</sub> – 202	9091036	291398	63,00

#### 8.4 Disposição do Diâmetro Médio

O mais significativo parâmetro estatístico em sedimentologia é certamente o diâmetro médio. No que se refere à geologia, esse parâmetro revela a média do tamanho dos grãos dos sedimentos que são atingidos pela fonte de suprimento de material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente.

A distribuição do diâmetro médio do grão nas 75 amostras coletadas indicou a existência de quatro populações distintas na área, que são areia muito grossa, areia grossa, areia média e areia fina (Figura 8.2).

As areias média e grossa predominam, com percentuais de 48 % e 47 % respectivamente, enquanto que a muito grossa (3 %) e fina (2 %) ocorrem em percentuais inexpressivos.

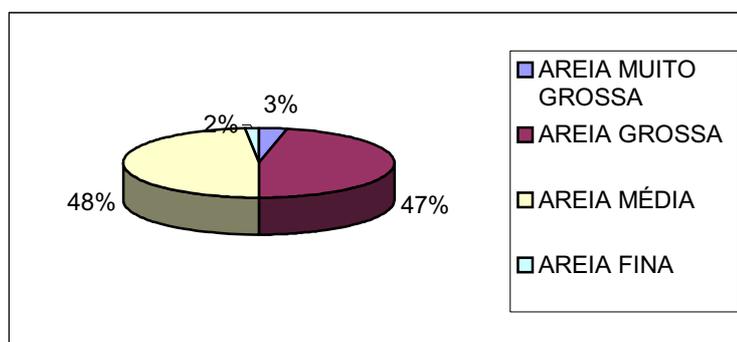


Figura 8.2 – Distribuição espacial do percentual diâmetro médio nas três populações distintas na área.

Analisando-se o mapa de distribuição do diâmetro médio observa-se uma distribuição regular dos diâmetros médios, das frações granulométricas para toda plataforma interna adjacente da área de estudada em faixas granodecrescentes no sentido E-W (Figura 8.3).

A classe granulométrica que corresponde a areia muito grossa (intervalo de 2 a 0  $\Phi$ ) se distribui de forma restrita em dois pontos bem próximas à desembocadura do rio Jaboatão.

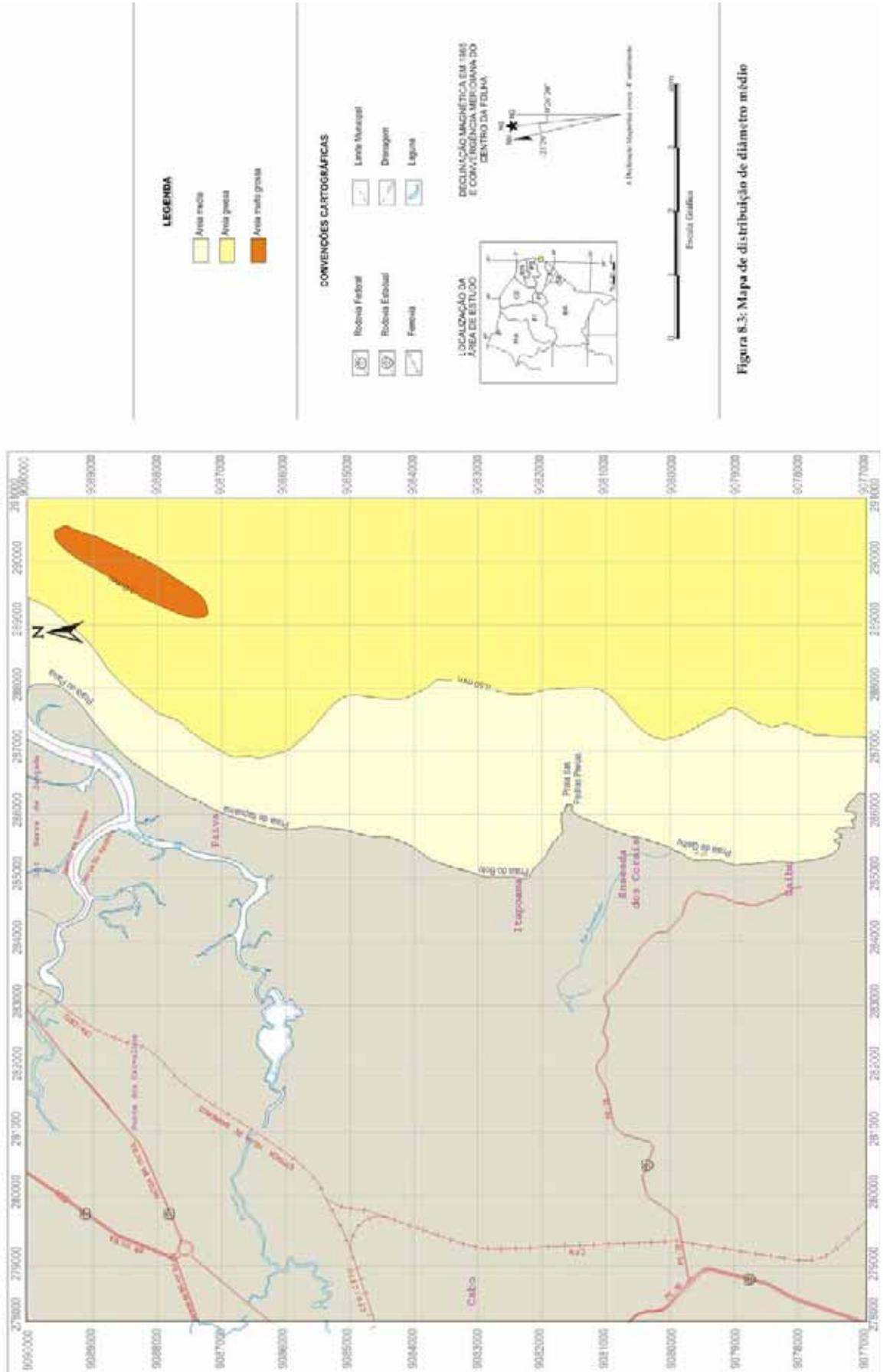
A areia grossa (intervalo de 0 a 1  $\Phi$ ), ocorre paralelo à linha de costa, em faixa contínua (coordenadas UTM 287200 E ; 9077000 N e 289400 E ; 9090000 N) até o limite leste da área estudada. Essa faixa apresenta algumas concentrações subseqüentes intercaladas por areias finas, médias e muito grossas, mais ao norte da área.

A areia média (intervalo de 1 a 2  $\Phi$ ) aparece bem diferenciada, em faixa contínua e subparalela à zona litorânea, que se mostra estreita na praia do Paiva, se alargando na praia de Itapoam a e voltando a se estreitar, um pouco, ao sul da área nas proximidades do promontório

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO,  
 LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

Autor: José Diniz Madruga Filho

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso



do Cabo de Santo Agostinho. Na altura das praias do Boto e Itapoama essa faixa contínua é interrompida por intercalações, não muito expressivas, de areia grossa.

A areia fina (intervalo de 2 a 3  $\Phi$ ) ocorre apenas como uma pequena mancha na parte Norte da área, na altura da praia de Itapoama.

### 8.5 Variações do Desvio Padrão

O desvio padrão mede o grau de seleção de um sedimento e indica a flutuação do nível energético do ambiente deposicional. O mesmo está relacionado com a capacidade de diferentes agentes geológicos em selecionar, com maior ou menor competência, um determinado grão, refletindo o índice da variação das condições atuais do fluido transportador (Ponçano; 1986). Porém, se não existir, na área fonte, material disponível entre as diferentes populações granulométricas, as flutuações de energia do meio deposicional não serão registradas geologicamente (Sahu, 1964).

Um sedimento bem selecionado significa que houve pequena dispersão dos seus valores granulométricos (Toldo Junior, 1998).

A seleção pode se processar pela ação de três tipos de mecanismos diferentes: seleção local (durante a deposição), seleção progressiva (durante o transporte) ou ambas ao mesmo tempo (Russell, 1939; apud Suguio, 1973).

Analisando-se os dados obtidos na área, observa-se predominância de sedimentos com grau moderadamente selecionado perfazendo 85 % das amostras, isto é, com relativo índice de selecionamento. Já os sedimentos pobremente selecionados, correspondem a 10% do total, sendo portanto minoria que representam ambientes de baixa energia e com evidências de uma mistura populacional. (Figura 8.4)

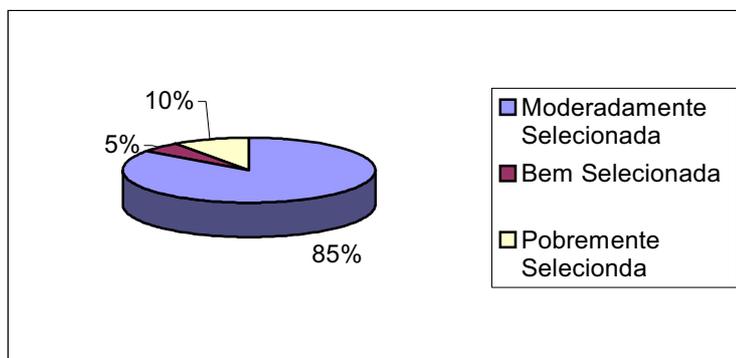


Figura 8.4 – Percentual do grau de seleção das areias.

O mapa de distribuição do desvio padrão (Figura 8.5) mostra que os sedimentos bem selecionados encontram-se distribuídos em uma faixa contínua subparalela a zona litorânea



onde, provavelmente, o ambiente é de maior energia, comandando diretamente o grau de seleção. Essa faixa contínua se estreita de Sul para Norte na área estudada.

Os sedimentos moderadamente selecionados acham-se distribuídos, também, em uma faixa contínua de maior largura que se estreita de Sul para Norte. Contudo, na altura da praia de Itapoama, próximo à costa, transversalmente, encontram-se dois pontos com ocorrências de sedimentos pobremente selecionados. Estes últimos formam uma terceira faixa contínua que se inicia à altura da praia das Pedras Pretas e termina na praia do Paiva. Fazendo-se uma análise geral do mapa do desvio padrão observa-se, visivelmente, uma gradação de sedimentos bem selecionados a pobremente selecionados no sentido W – E, decorrente da diminuição de energia que deve ocorrer, possivelmente neste sentido.

### 8.6 Variações da Assimetria

De acordo com Suguio (1973) a assimetria é controlada mais pelo processo deposicional do que por condições de transporte. Vários autores consideram a assimetria como sendo o parâmetro granulométrico mais sensível para caracterizar um ambiente, principalmente com relação ao nível energético do mesmo (alta e baixa energia). Sedimentos com valores assimétricos negativos a muito negativos representam cerca de 30% das amostras da área estudada (Figura 8.6).

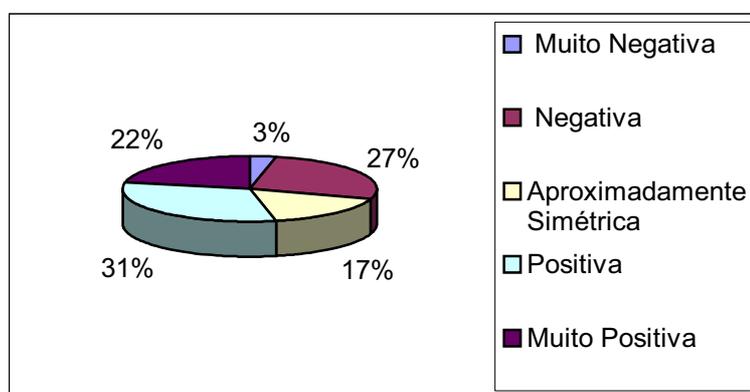


Figura 8.6 - Percentual do Grau de Assimetria.

Assimetria negativa a muito negativa estão em geral relacionadas a ambientes costeiros (Martins, 2003). Estes valores expressam um ambiente de sedimentação submetido a intensa atividade hidrodinâmica, capaz de retirar o material fino e depositá-lo em locais mais calmos.

Os sedimentos com assimetria positiva a muito positiva representam cerca de 53 % das amostras e estão relacionados com uma hidrodinâmica mais baixa, quando comparada,

com as ocorrências anteriores, possuindo, ainda, provavelmente, influência maior fluvial. Os valores aproximadamente simétricos que correspondem a 17 % das amostras também são indicativos de uma hidrodinâmica relativamente alta.

### 8.7 Variações da Curtose

Conforme já foi abordada no capítulo 5, a curtose representa a razão entre as dispersões da parte central e das caudas das curvas. Sedimentos que mostram altos valores de curtose e uma assimetria positiva indicam pequeno volume de silte fino incluso nos mesmos, como por exemplo, pode ocorrer em areias de dunas. Valores de curtose muito alto e muito baixo podem sugerir que um tipo de material foi selecionado em uma região de alta energia, posteriormente transportado, sem mudanças significativas das suas características, para um outro ambiente, até que o mesmo foi misturado com outro sedimento, possivelmente em ambiente de baixa energia, gerando possivelmente sedimento fortemente bimodal (Ponzi, 1995).

Na área estudada percebe-se, que a maior parte dos sedimentos da plataforma interna adjacente apresentam curtose leptocúrtica a muito leptocúrtica, perfazendo um total de 52 % (Figura 8.7). As distribuições leptocúrticas costumam representar sedimentos unimodais.

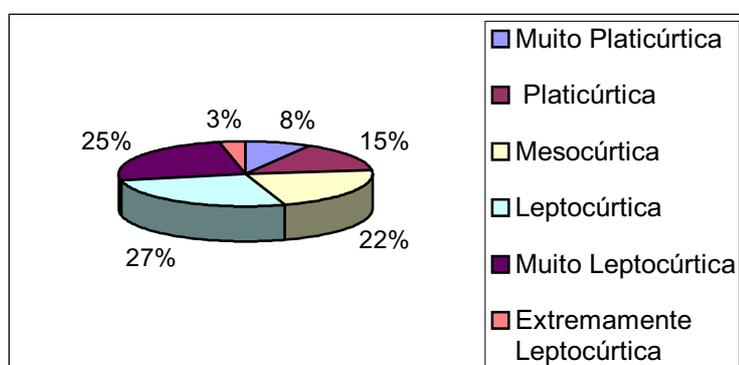


Figura 8.7 - Percentual do Grau de Curtose.

### 8.8 Morfoscopia

Na descrição de sedimentos, como também na investigação dos agentes geológicos e dos processos operantes no ambiente de sedimentação, é costume empregar a morfoscopia unida a outros caracteres texturais. Embora, isoladamente, os dados morfoscópicos não resolvam as dúvidas no tocante à gênese dos sedimentos, contudo, sendo usados associados com outros elementos texturais e estatísticos, fornecem um melhor entendimento do ambiente sedimentar e das características da área - fonte dos sedimentos.

Basicamente, a morfoscopia é descritiva, ou seja: descreve as propriedades da superfície dos grãos.

No tocante ao aspecto das partículas em termos geométricos, quando não é possível a sua definição, os pesquisadores apelam para o grau de arredondamento dos cantos e arestas das partículas detríticas, observando a influência do transporte e o agente transportador.

De acordo com Ponzi (1995), a descrição da forma geométrica das partículas envolve uma série de conceitos inter-relacionados. Os fatores da forma, que dependem do comprimento dos eixos principais, perpendiculares entre si, controlam parcialmente o comportamento dos seixos durante o transporte e deposição. Contudo, a angulosidade e o arredondamento refletem a distância e o rigor do transporte.

O uso do arredondamento como índice de maturidade dos sedimentos foi sugerido por Pettijohn (1957), tendo sido válido principalmente para os sedimentos inconsolidados. Esse procedimento para os sedimentos mais antigos e consolidados vem, no entanto, sofrendo bastante críticas. Porém, para que possamos ver a eficácia desta relação, é conveniente que a observação seja feita em vários grãos (comumente 100) de um mesmo mineral para cada fração que se pretenda analisar.

Um grau de maturidade com índices mais altos é resultante de grãos mais arredondados e esféricos (Suguio, 1980).

Pesquisas, realizadas por Kuenen (1960), dão evidências que as modificações das formas e arredondamento das partículas arenosas ao longo dos rios e praias, são mais devidas à seleção da forma do que à abrasão.

Os grãos de areia de origem eólica, freqüentemente, mostram superfícies mais foscas, porém os de origem subaquática exibem superfícies lisas e polidas.

### **8.8.1 Arredondamento**

Segundo Toldo Jr. (1998), o grau de seleção de uma partícula é feito pela observação da presença ou não da angularidade na superfície externa do grão. Um bom índice de maturidade de um sedimento pode ser indicado pelo grau de arredondamento e este sempre aumenta com a duração do transporte e retrabalhamento. Quando os sedimentos não são procedentes de sedimentos pré-existentes, como também, onde o transporte ocorre à pequena distância as classes granulométricas mostram o mesmo arredondamento. Por outro lado, os materiais de abrasão prolongada apresentam diferenças acentuadas entre os graus de arredondamento das distintas granulações, já que as partículas maiores são mais bem arredondadas que os grãos menores (Suguio, 1973). A freqüência de distribuição do

arredondamento das partículas sedimentares difere bastante em função das diferentes fontes sedimentares, como também, dos processos abrasivos atuantes (Pyökäri, 1999).

O arredondamento característico dos grãos pode ser herdado e uma intensa abrasão pode conduzi-lo ao faturamento formando grãos angulosos (Tucker, 1991).

Os sedimentos detríticos estudados variam de muito angulosos a subarredondados quanto ao grau de arredondamento. Constata-se que as partículas bioclásticas apresentam arredondamento superior as partículas detríticas, isto devido à fragilidade do material composto de carbonato de cálcio. No entanto, em função da fragmentação das partículas de bioclásticos, não se levou em consideração no presente trabalho.

Os resultados encontrados na área estudada mostraram um domínio das partículas de grãos subangulosos, o que comprova uma intensa abrasão com competência para quebrar os grãos de quartzo maiores.

### **8.8.2 Esfericidade**

De um modo geral, a esfericidade mede o grau de aproximação do formato de uma partícula de areia com a partícula de esfera perfeita. A esfericidade, em geral conjectura condições de deposição no momento de sedimentação, embora em grau menor seja afetada pela abrasão. Vale salientar que os fragmentos mais arredondados são também os que apresentam a esfericidade mais satisfatória. Mesmo que surjam algumas modificações geradas por processos abrasivos, a forma final dos grãos de areias, tende a ser determinada pela forma original. Embora a esfericidade não seja tão significativa para o histórico da abrasão dos sedimentos, é fator importante para o histórico do selecionamento granulométrico das partículas sedimentares.

Confirmando a afirmação de Reineck & Singh (1975), na área estudada os grãos de areias maiores tornaram-se mais esféricos com o aumento do desgaste e da quebra durante o transporte, como também a esfericidade aumentou com a ampliação do tamanho do grão. De um modo geral, a maioria das amostras apresentaram uma esfericidade alta.

Concluindo pode-se dizer que a avaliação da propriedade de arredondamento como também da esfericidade, do ponto vista geológico ainda permanece um tanto questionável em função da ausência de dados mais precisos, o que torna um pouco difícil a interpretação completa de seu verdadeiro significado ambiental.

### 8.8.3 Textura Superficial

Pode-se dizer que a textura superficial pode ser expressa por certos detalhes que não dependem da esfericidade, do arredondamento, do tamanho e da composição mineralógica. Tais detalhes dizem respeito a textura superficial, característica esta relacionada às feições ou marcas impressas nos grãos, caracteres que podem ser traduzidos por aspectos de fosqueamento, corrosão, polimento ou estrias, os quais tem um significado genético.

O estudo da textura superficial de areias atuais, segundo Tucker (1991), mostra que há características que são produzidas por mecanismos de transporte e que podem ser ambientalmente diagnosticados. Os grãos de areia de praia/plataforma interna mostram pequenas marcas de percussão em forma de “V”, indicando um intenso processo de transporte.

No que diz respeito as areias da plataforma interna da área estudada, verificou-se que ocorre brilho em cerca de 99% das amostras o que comprova que os sedimentos da referida plataforma são retrabalhados em ambiente subaquoso. Grãos de quartzo com película de argila foram visíveis em algumas amostras, repassando a falsa impressão de fosqueamento. Fazendo-se uma análise dos grãos de bioclásticos constata-se que os mesmos não apresentam indícios de dissolução, como também, de oxidações. Feições, que provavelmente representam marcas de percussão, foram observadas em grãos mais grossos o que pode ser aplicado a fluxos de alta velocidade.

### 8.8.4 Composição das Amostras

Em termos de composição, identificou-se componentes: detríticos e bioclásticos. O quartzo representa quase que o total da parte detrítica, complementada, ainda, por alguns minerais acessórios e fragmentos de rocha. Já à parte bioclástica é formada de fragmentos de conchas de gastrópodes foraminíferos, bivalves, briozoários, equinodermas, anelídeos (tubos de vermes, artículos de algas, principalmente, halimeda e *Lithothamnium* etc. (Fotos 8.1 e 8.2 e Anexo 1).

O percentual de bioclásticos ou detríticos modifica-se de acordo com o local da área estudada. Fazendo-se uma análise geral das amostras da área, nota-se que número de bioclásticos aumenta de Sul para Norte. Ao Sul a taxa de bioclástico é de apenas 2%, passando a cerca de 50%, na praia do Paiva, ao Norte em função, provavelmente, da presença de recifes algálicos neste setor.

Fazendo-se uma análise da coloração do material bioclástico observa-se uma predominância da cor branca, cerca de 97%, contudo também foram identificados outros

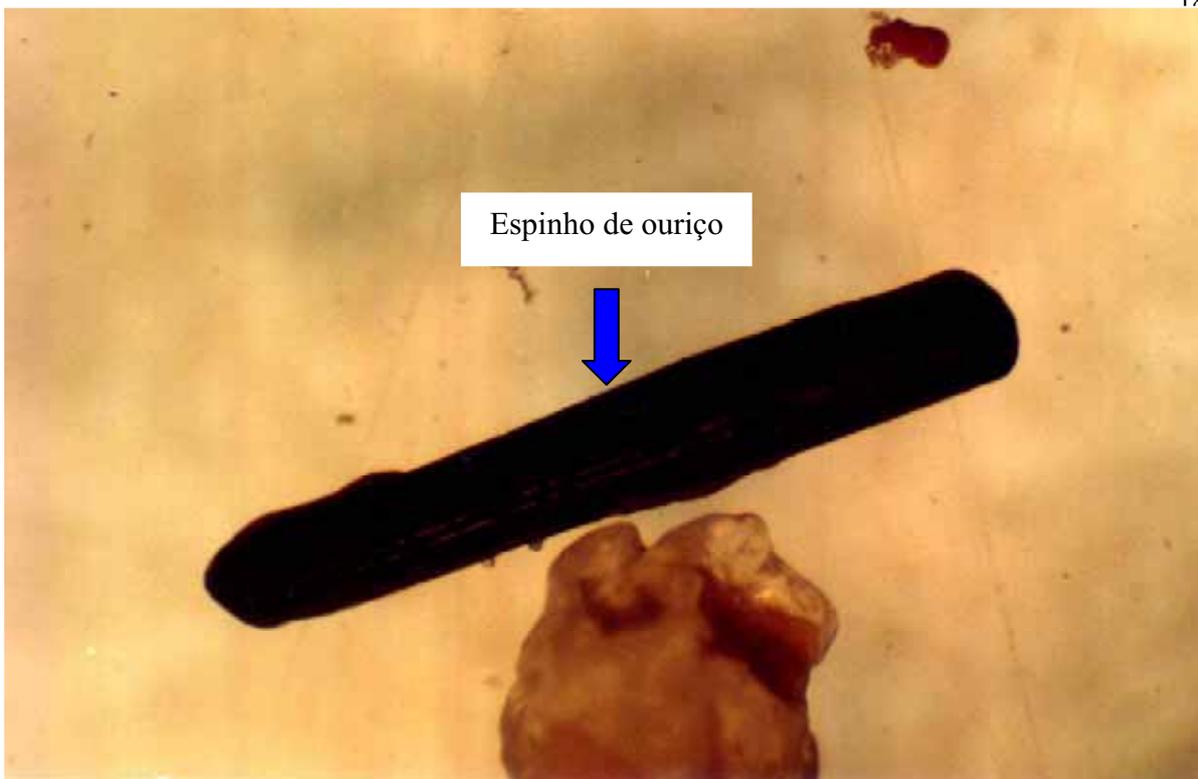


Foto 8.1 – Espinho de ouriço (classe *Echinoidea*) encontrado na plataforma interna da praia do Paiva.



Foto 8.2 – Bioclásticos diversos e detritos de grãos de quartzo hialino da plataforma interna da praia de Enseada dos Corais.

marrons, amarelos e pretos. Essa variação na tonalidade dos bioclásticos pode estar atrelada a história deposicional do sedimento e a estrutura do grão (Leão & Machado, 1989). Portanto, a predominância de grãos brancos pode estar relacionada a uma taxa de sedimentação muito rápida, quando muito material novo foi adicionado ou uma taxa extremamente lenta quando todo o material, longamente exposto foi totalmente oxidado, e/ou a ausência de ferro. Um teor alto de grãos pretos indica uma alta taxa de bioturbação removendo os grãos escurecidos da camada redutora que deve estar muito próxima à superfície do sedimento. Por outro lado a predominância de grãos marrons pode indicar uma taxa de deposição lenta acompanhada de uma extensa, porém, não rápida, ação de biotubadores que, trazendo à superfície os grãos pretos, estes são rapidamente oxidados.

### 8.9 Análise Discriminatória Multivariada

As condições ambientais, sobretudo, as hidrodinâmicas, presentes no ambiente deposicional, podem ser identificadas através do método de análise discriminatória multivariada, proposto por Sahu (1964), partindo-se da hipótese de que as variações dos parâmetros de um dado sedimento são concordantes com as variações sofridas pelo ambiente deposicional, tanto no tempo como no espaço (Jost, 1972). Pode-se dizer, de outra maneira, que um depósito inconsolidado, proveniente da convergência de um grupo de fatores físicos, sendo submetido a um novo grupo de fatores físicos, mostrará tendência a adquirir distribuição granulométrica pelo menos compatível com as novas condições.

No que diz respeito, às peculiaridades da área estudada, foi estabelecida a função que permitisse diferenciar processos marinhos-rasos de fluviais. Esta relação, segundo Sahu (1964) pode ser expressa por:

$$Y = 0,2852 Mz - 8,7604 \sigma^2 - 4,8932 Sk_i + 0,004 Kg$$

tendo como limites padrão os seguintes valores:

$$Y < -7,4190 = \text{depósito fluvial (F)}$$

$$Y > -7,41990 = \text{depósito marinho-raso (M)}$$

Partindo-se da função colocada e usando-se os valores da média aritmética ( $Mz$ ) da variância ( $\sigma^2$ ), da assimetria ( $Ski$ ) e da curtose ( $Kg$ ) das 75 amostras da área estudada, determinou-se o comportamento das mesmas quanto ao ambiente deposicional.

Analisando-se os resultados obtidos (Tabela 2; anexo 2) constatou-se que a maior parte dos sedimentos depositados na plataforma continental interna apresenta influência marinha-rasa. Uma idéia melhor da distribuição dos sedimentos de influência marinho-rasa ou fluvial pode ser obtida analisando-se o mapa de análise discriminatória multivariada (Figura 8.8). Como é notório, os sedimentos de influência fluvial ocorrem ao Norte da área, nas proximidades do estuário do rio Jaboatão, e nas imediações das praias de Itapoama e do Paiva. Fazendo-se uma análise mais ampla, do leito do Rio Jaboatão e procurando-se correlacionar os depósitos fluviais com o mesmo, pode-se afirmar que provavelmente tais depósitos fluviais nas praias citadas também são provenientes do referido rio. Tudo indica que a mudança brusca de  $90^\circ$ , em seu leito, esteja associada a falhamento que alterou o local de sua desembocadura no pretérito, tendo deixado como vestígio paleocanais nas praias do Paiva e Itapoama.

### **8.10 Análise dos Histogramas de Frequência Simples**

Como já foi abordado neste capítulo o diagrama triangular de Shepard (1954), registrou a presença de forma mais expressiva das fácies areia e areia cascalhosa.

Os histogramas de frequência simples para fácies areia (Anexo 3), apresentaram moderado selecionamento, sendo possuidores de mais de uma classe modal, havendo predominância, no entanto, da classe unimodal. Dentro desta classe unimodal pôde-se identificar, com certa facilidade que os maiores percentuais são de areia média ( $2 \Phi$ ). As classes bimodais ou mesmo polimodais se apresentam em amostras dos perfis  $P_4$  (amostra 219),  $P_5$  (amostra 244),  $P_6$ ,  $P_7$  e  $P_8$  e a classe modal posicionou-se, principalmente, entre areia grossa e média ( $1$  a  $2 \Phi$ ).

Os histogramas da fácies areia cascalhosa mostraram-se pobremente selecionados e bimodais. Nos sedimentos bimodais a classe modal dominante posicionou-se entre areia muito grossa e grossa.

Os histogramas das fácies, tanto de areia como de areia cascalhosa, das amostras bimodais, são resultante de setores da área estudada onde houve influência também fluvial. Tal fato é confirmado quando se busca a classificação das amostras pelo método de análise discriminatória multivariada, referido no item anterior. É provável, portanto, que a

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

Autor: José Diniz Madruga Filho  
 Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

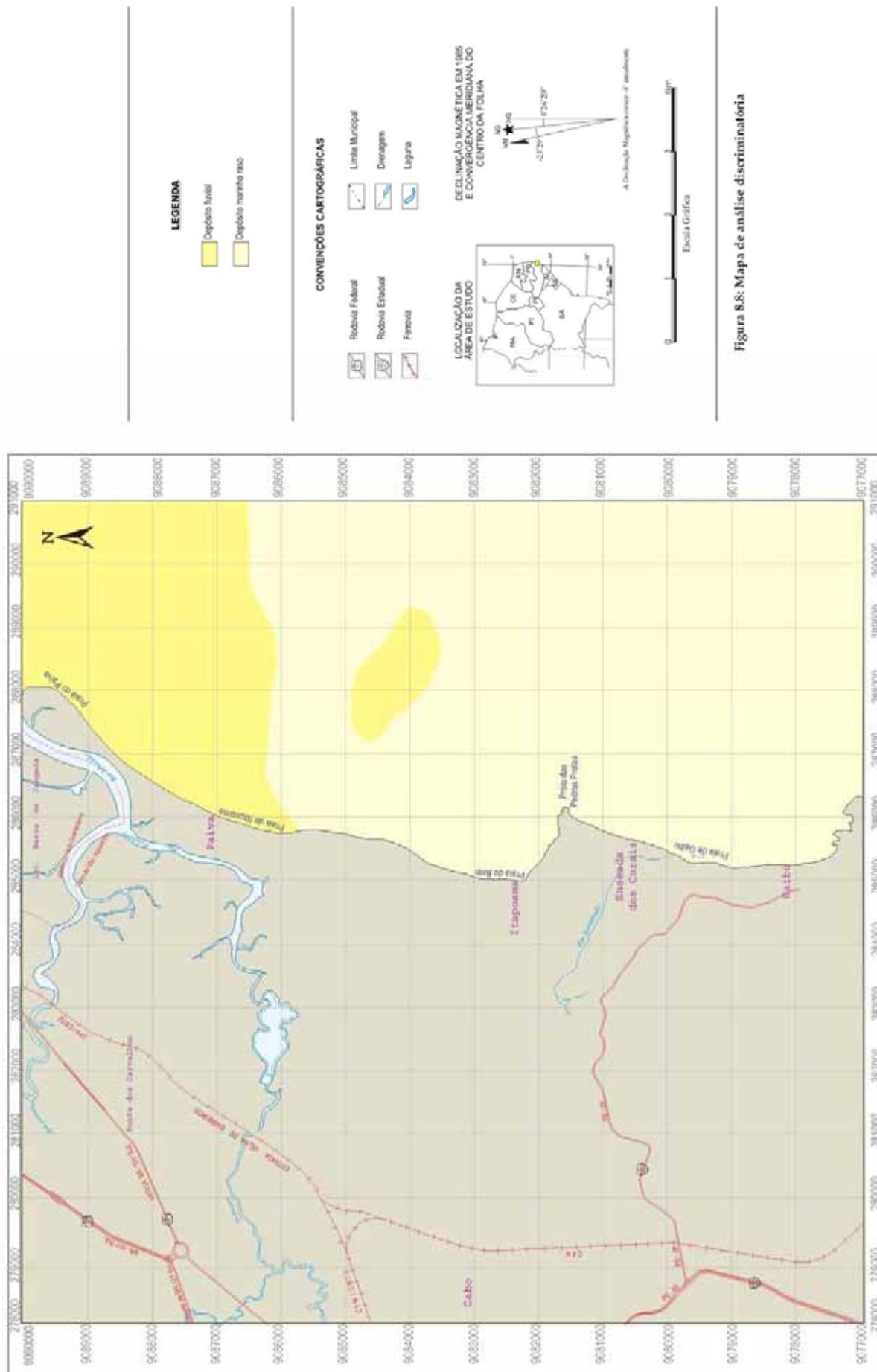


Figura 8.8: Mapa de análise discriminatória

bimodalidade das amostras estejam relacionadas com fluxos de energias diferentes, em função do domínio, nestes setores, de dinâmica flúvio – marinha.

### **8.11 Batimetria da Plataforma Interna da Área Estudada**

Nas operações costeiras faz-se necessário o conhecimento dos fatores ambientais como batimetria, ondas, vento, e maré, considerados de forma individual ou integrada, além das informações derivadas como profundidade de arrebentação das ondas, correntes longitudinais à praia e declividade do fundo.

No estudo da zona costeira é de enorme importância a análise das características geomorfológicas da plataforma interna adjacente, isto porque retrata as condições do fundo marinho e das suas feições dominantes.

Os mapas batimétricos são ferramentas extremamente relevantes para o conhecimento das características morfológicas do fundo de corpos d'água já que, algumas feições batimétricas influenciam bastante nas correntes marinhas modificando, de uma certa forma, a dinâmica costeira.

O levantamento batimétrico da plataforma interna adjacente, entre as praias do Paiva e Gaibu, teve como finalidade caracterizar, com precisão, a morfologia do fundo marinho.

O mapa batimétrico elaborado, da área estudada, utilizando a metodologia especificada anteriormente, mostra profundidades variando entre 0,5 m a 22 m, com equidistância das linhas isobatimétricas de 1 m até a cota batimétrica de 14 m, e de 2 m dessa última aos 22 m (Figura 8.9). A área estudada plataforma interna adjacente, com aproximadamente 78 Km<sup>2</sup>, de um modo geral, apresenta uma morfologia de fundo bastante movimentada com alternância de bancos e depressões alinhadas preferencialmente na direção N-S. Observa-se também, entre as profundidade de 10 m e 14 m, pequenos desníveis que representam antigos níveis de estabilização, correspondendo a antigas linhas de praia formadas com a variação do nível do mar durante o Quaternário (Figura 8.9).

O mapa batimétrico mostra feições de fundo (bancos, vales, depressões etc.), as quais imprime uma expressiva diferenciação nos padrões das curvas batimétricas, podendo ser dividida a plataforma estudada em dois setores, Norte e Sul.

O setor Norte, desde a praia do Paiva até a praia do Boto, apresenta uma largura média de 5 Km e sua morfologia de fundo fica caracterizada pela presença de níveis de estabilização, bem definidos com direção geral N-S, que representam antigas linhas de costa, como o que ocorre na isóbata de 12 m (Figura 8.9). Também, ocorrem alguns bancos arenosos e depressões. As direções das elevações topográficas são preferencialmente N-S e o relevo de

um modo geral apresenta alguns contrastes em sua morfologia. Escarpamentos topográficos foram identificados, em todo o setor Norte, com desníveis em torno de 10 m (Figura 8.9).

Algumas elevações semicirculares, com variação topográfica em torno de 1 m, foram observadas na plataforma interna adjacente das praias do Paiva e Itapoama.

Visando caracterizar, a variação de profundidade na área pesquisada, como também, para mostrar com maior clareza as feições da morfologia de fundo foram feitos 3 perfis neste setor, apresentados a seguir:

O perfil AA', localizado na plataforma interna da praia do Paiva, apresenta direção geral W-E (Figura 8.10). Inicialmente até isóbata de 5 m cerca de 2,250 Km plataforma adentro mostra-se com declividade suave (0,13%), quando então ocorre uma variação brusca de profundidade (escarpa) de cerca de 10 m, entre 2,1 Km e 3 Km, aumentando então a declividade para 1 %. Em seguida, a declividade torna-se suave novamente (0,03 %) permanecendo assim até o final do perfil. A declividade média do perfil foi de 0,13 %. O perfil referido ficou caracterizado por proporcionar as maiores distâncias com declividade suave que representam terraços marinhos, bem distintos, separados por escarpas com variações batimétricas de 10 m. Os sedimentos até a profundidade de 9 m são constituídos por areias médias de composição terrígena e bioclástica, no entanto na profundidade de 5 m ocorrem algumas intercalações de lama arenosa. Os sedimentos entre 9 m e 14 m de profundidade são constituídos por areias grossas com bioclásticos (90%) e o restante de terrígenos. Entre 14 m e 16 m os sedimentos de fundo são formados por areias médias com a mesma composição das areias da isóbata de 9 m.

O perfil BB'(Figura 8.10), de direção geral W-E, localiza-se na plataforma interna da praia de Itapoama, apresenta uma topografia de fundo bem movimentada com a presença de terraço e banco arenoso entre as profundidades de 8 m e 10 m.

A morfologia do fundo marinho estudado inicialmente mostra-se com declividade mais acentuada (0,80 %) até a isóbata de 9 m (cerca de 1,25 Km plataforma adentro). Nesta profundidade inicia-se um banco que se estende entre 1,25 Km e 2 Km de distância, plataforma adentro. A partir de então, o perfil comporta-se com declividade suave (0,03 %) formando um terraço que se prolonga até o seu final, quando atinge a isóbata de 12 m. A declividade média apresentada pelo perfil foi de 0,21 %. Os sedimentos de fundo, até 10 m, são constituídos por areias médias compostas de bioclásticos (60 %), e terrígenos (40%). No restante do perfil, em qualquer profundidade, os sedimentos são formados por areias grossas com bioclásticos (85 %) e terrígenos (15%).


 UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
 CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
 DOUTORADO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

## ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO, LITORAL SUL DE

Autor: José Diniz Madruga Filho  
 Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

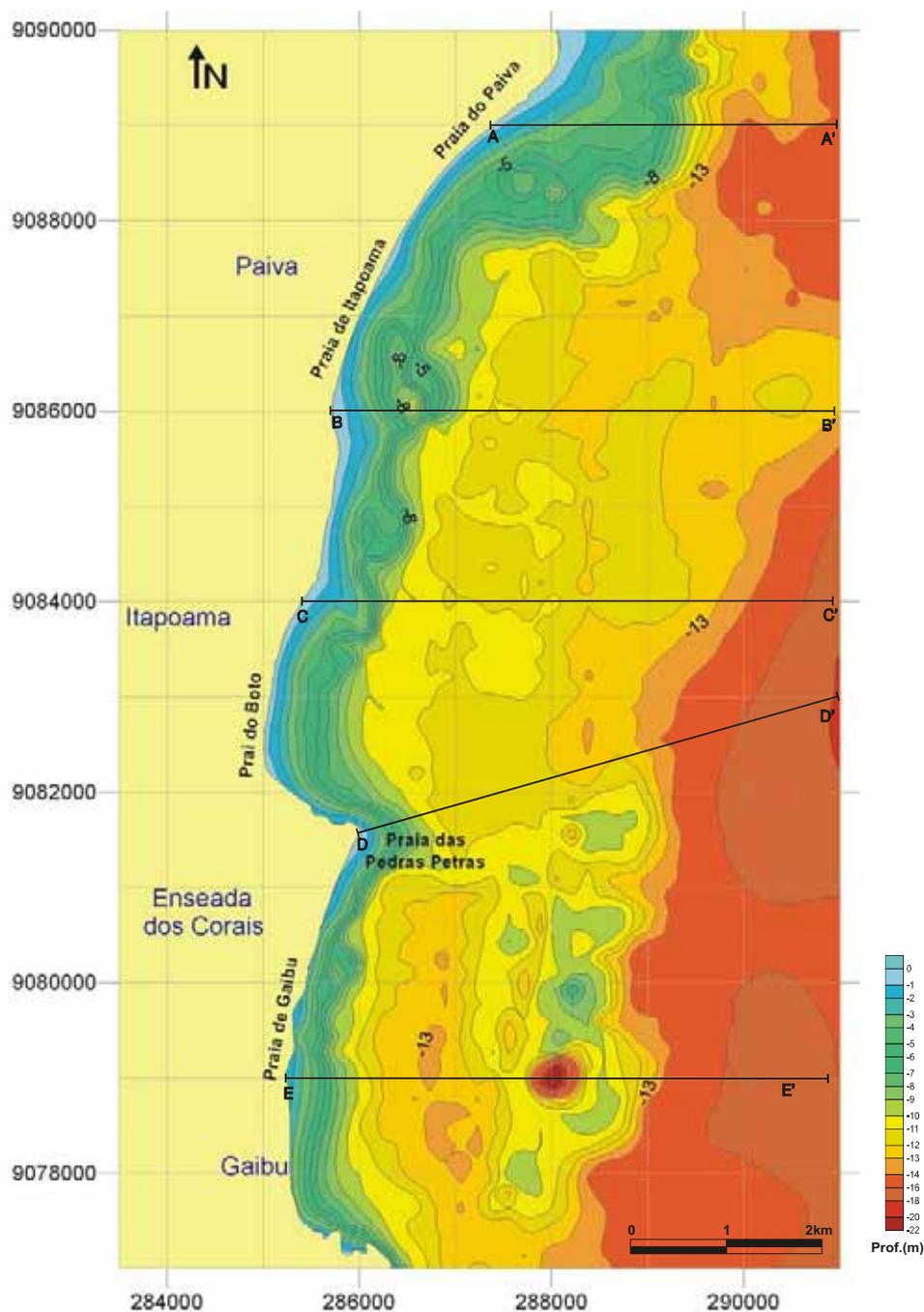


Figura 8.9: Mapa Batimétrico

O perfil CC'(Figura 8.10), também localizado na plataforma interna da praia de Itapoama, com direção geral W-E apresenta inicialmente, até a isóbata de 3m, cerca de 0,8 Km de distância plataforma adentro, declividade suave (0,4 %). Entre 0,8 Km e 1,4 Km ocorre uma declividade acentuada de cerca de 10 m, quando então a mesma atinge cerca de (2,33 %). De 2 Km de distância plataforma adentro até 4 Km ocorre uma variação batimétrica positiva de 1 m (aclive). E a partir dos 4 Km até o final do perfil (isóbata de 16 m) a declividade é suave (0,07 %). A declividade média apresentada pelo perfil foi de 0,20 % . Os sedimentos de fundo até a profundidade de 12 m são formados por areias médias compostas de terrígenos e bioclásticos. Ao contrário dos perfis anteriores, neste o percentual de terrígenos é superior ao de bioclásticos, representando cerca de 60 %.

O setor Sul é formado pela plataforma interna das praias das Pedras Pretas, Enseada dos Corais e Gaibu. Apresenta uma largura média de 5,5 Km, e maior número de bancos e depressões, alinhados na direção N-S, com contraste topográfico superior em relação ao setor Norte. Escarpamentos com desníveis topográficos entre 10 m e 15 m também ocorrem neste setor, em toda a plataforma interna adjacente.

Comparando-se com o setor Norte percebe-se que neste, a quebra de plataforma ocorre a distancias bem menores em relação à parte emersa do continente. As elevações semicirculares, ocorrem em maior número neste setor com variações topográficas de até 7 m (Figura 8.9).

Essas elevações isoladas e semicirculares provavelmente tratam-se ou de recifes de arenito (*beachrocks*) ou de corais que ocorrem na área estudada (Laborel, 1965).

Com os mesmos propósitos que foram feitos os perfis do setor norte, também foram feitos os perfis DD' e EE' no setor Sul.

O perfil DD'(Figura 8.11), localizado na praia de Praia das Pedras Pretas com direção geral SW-NE inicia-se com declividade acentuada (1,30 %) com uma escarpa de cerca de 10 m para curta distância plataforma adentro, de apenas 0,7 Km. Em seguida, na isóbata em torno de 10 m, ocorre um terraço marinho com cerca de 3,3 Km de extensão. A partir dos 4 Km há uma quebra na morfologia do perfil com conseqüente aumento da profundidade até o seu final, quando atinge a isóbata de 18 m. A declividade de onde ocorre a quebra da morfologia até o final do perfil foi de 0,09 % enquanto que sua declividade média foi de 0,24 %.

A aproximação das isóbatas próximas à costa neste perfil, é sugestivo de uma feição morfológica na forma de promontório.

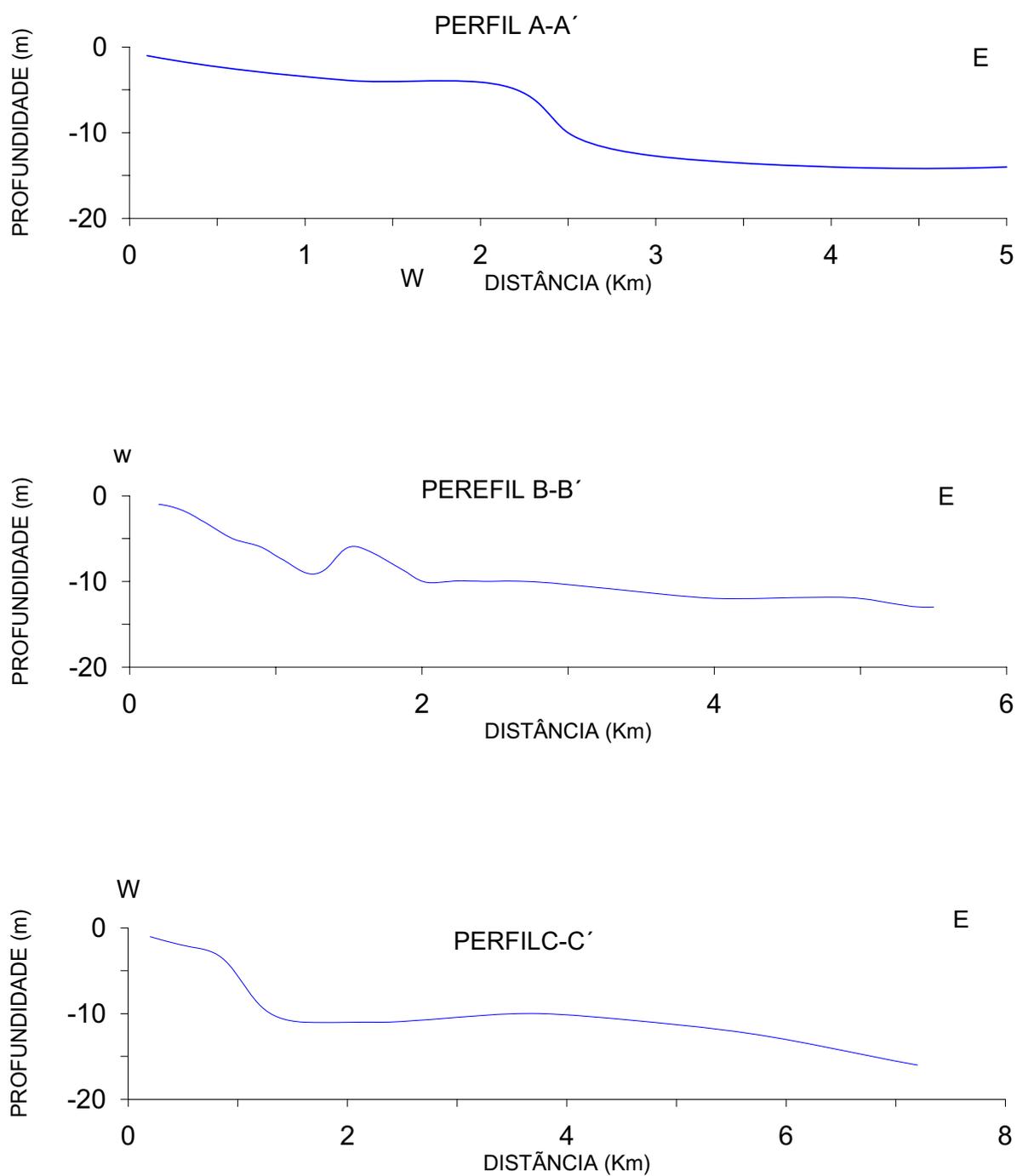
**PERFIS BATIMÉTRICOS DO SETOR NORTE**

Figura 8.10 - Representação gráfica dos perfis batimétricos do setor Norte da área estudada.

Os sedimentos de fundo até a isóbata de 12 m são constituídos por areias médias com 70% de terrígenos e o restante de bioclásticos. O remanescente do perfil é constituído por areias grossas com percentuais de terrígenos e bioclásticos próximos aos das areias médias.

O perfil EE' (Figura 8.11), localizado na praia de Praia de Gaibu tem direção geral W-E e apresenta uma morfologia de fundo bem movimentada, exibindo inclusive bancos e depressões. A declividade nos 2 Km iniciais é de 0,60 % até quando atinge, a isóbata de 15 m. A declividade média do perfil foi de 0,19 %.

Dos 2 km aos 3,5 km a profundidade diminui para 10m, e a partir daí registra-se a presença de um vale, com cerca de 500 m de extensão e 20 m de profundidade. Aos 4,5 km ocorre um retorno a isóbata de 10m, voltando a partir dessa distância a aumentar a profundidade, a até o final do perfil, quando então atinge a isóbata de 15 m.

Quanto à composição dos sedimentos de fundo no perfil, até a profundidade 12 m é composto por areias médias com cerca de 78% de terrígenos e o restante de bioclásticos. A partir da isóbata de 12 m até o final do perfil a morfologia de fundo é formada por areias grossas compostas, predominantemente, por sedimentos terrígenos.

## **8.12 Considerações Parciais**

A contribuição sedimentar terrígena atual, diretamente descarregada na região na plataforma continental interna da área estudada é baixa, e provém do estuário do rio Jaboatão.

As condições ambientais, sobretudo, as hidrodinâmicas, presentes no ambiente deposicional, determinadas através do método de análise discriminatória multivariada mostraram um domínio de influência fluvial ao Norte da área, nas proximidades do estuário do rio Jaboatão, e nas imediações das praias de Itapoama e do Paiva, como se esperava, em função do domínio do referido Rio.

A análise do mapa do diâmetro médio (Figura 8.2) indicou predominância das areias média e grossa, com percentuais de 48% e 47% respectivamente. Os histogramas relativos as amostras representativas (Anexos 3) confirmam que a classe modal mais expressiva corresponde as areias média e grossa.

A plataforma interna adjacente da área, de um modo geral, apresenta uma morfologia de fundo bastante movimentada com alternância de bancos e depressões alinhadas preferencialmente na direção N-S.

A distribuição textural dos sedimentos que atapetam a plataforma interna da área constituiu-se das frações areia, cascalho e lama e apresentaram uma afinidade lógica com a hidrodinâmica da área.

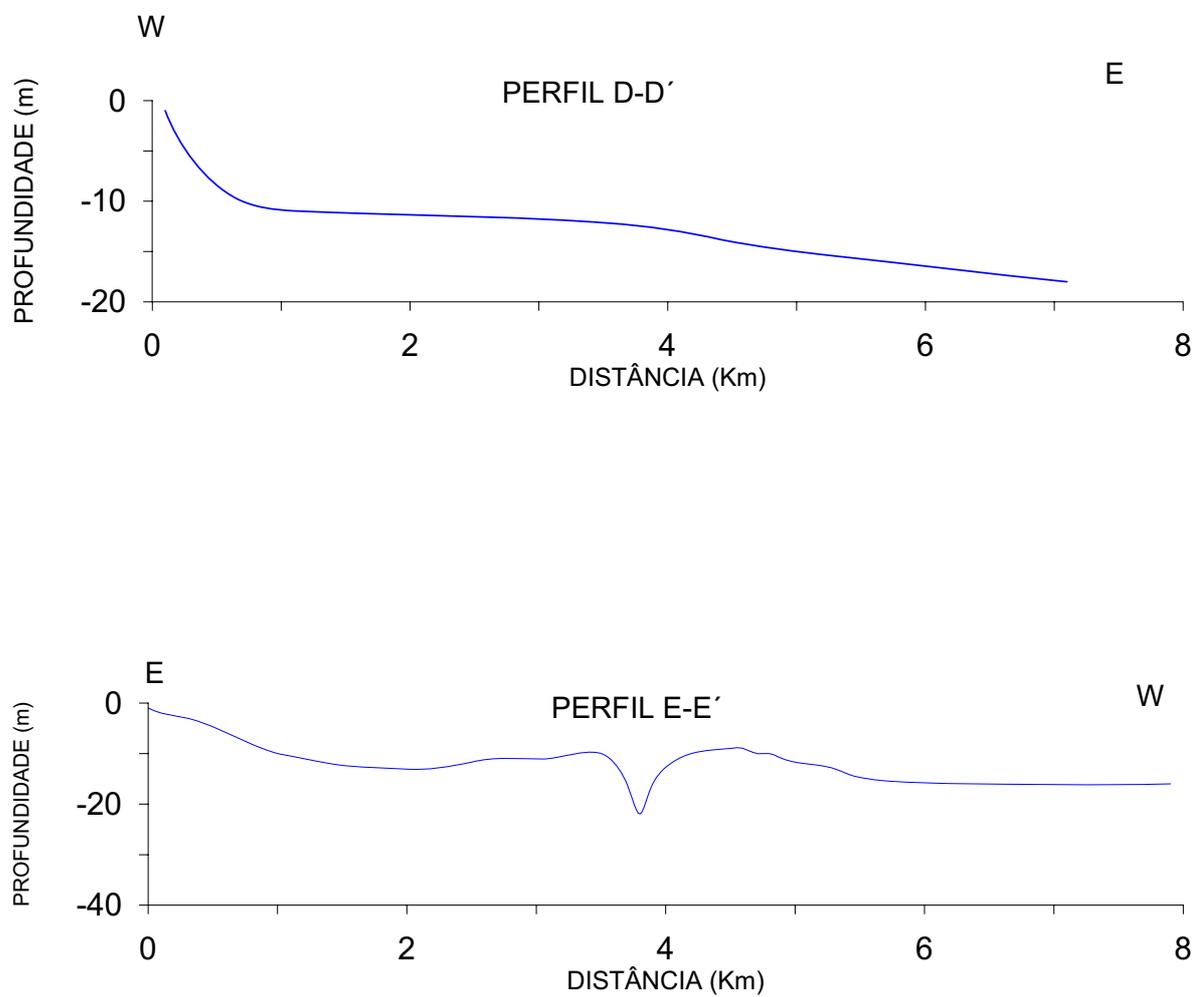
**PERFIS BATIMÉTRICOS DO SETOR SUL**

Figura 8.11 Representação gráfica dos perfis batimétricos do setor Sul da área estudada.

Com relação distribuição do diâmetro médio destes sedimentos, a área é coberta predominantemente por areias média e grossa, contudo, também ocorrem às areias muito grossa e fina, comprovando assim, uma distribuição granulométrica bem vasta.

Quanto ao desvio padrão, analisando-se os dados obtidos na área, observa-se predominância de sedimentos com grau moderadamente selecionado perfazendo 85% das amostras.

Os sedimentos com assimetria positiva a muito positiva representam cerca de 53% das amostras e estão relacionados com uma hidrodinâmica mais baixa, possuindo, ainda, provavelmente, influência maior fluvial.

A maior parte dos sedimentos da plataforma interna adjacente apresentam curtose leptocúrtica a muito leptocúrtica, perfazendo um total de 52% e tais distribuições leptocúrticas costumam representar sedimentos unimodais.

Ao norte da área estudada, onde se encontrou maior quantidade de cascalhos biodetríticos acobertando a plataforma interna, observou-se inúmeros barcos pesqueiros, já que tais cascalhos, segundo Figueiredo (1975, *apud* Turcato, 2000) oferece condições para fixação de pequenos organismos, o que irá refletir em um aumento da população de peixes e propiciar melhores condições para atividade pesqueira.

O material grosso analisado e, principalmente, o material biodetrítico apresentam características de retrabalhamento, indicando deposição pretérita com posterior remobilização.

Analisando-se os sedimentos relíquia pode-se dizer que seriam aqueles, depositados em um ambiente pretérito, com posterior modificação dos mecanismos de transporte e deposição. Esses sedimentos são normalmente bem selecionados e apresentam como características uma textura grossa. São identificados pelo fato das suas composições, características e aspecto da superfície dos grãos serem anômalos, mesmo quando se verificou deslocamento de partículas como resposta às novas condições ambientais. De fato, os sedimentos de qualquer ambiente específico apresentam, geralmente, características microtopográficas, de estrutura interna e granulométrica típicas desse ambiente. A modificação desse ambiente pode provocar grandes modificações na microtopografia do fundo e, correspondentes repercussões, nas estruturas internas. Todavia, essa modificação do ambiente induz, geralmente, apenas pequenas alterações na composição, na granulometria e no tipo de partículas desse sedimento (Emery, 1968). Segundo este autor, cerca de 70% da área total das plataformas ao redor do mundo estão cobertas por sedimentos relíquia.

Em 1975, um artigo de síntese elaborado por McManus veio explicitar muitas das idéias e conceitos apenas implicitamente presentes nos artigos publicados até essa altura. Explicitando a distinção entre partículas e depósitos, e assentando os seus conceitos em bases simultaneamente dinâmicas e temporais, este autor propõe novo sistema de classificação que contempla e precisa todos os conceitos introduzidos nas anteriores publicações. Dias (2004) começa por discutir o significado do termo "Sedimento", termo este vago, que carece de precisão, redefinindo-o de modo a corresponder à sua utilização genérica, isto é, designando quer as partículas sedimentares, quer o depósito sedimentar. Introduce, também, um novo conceito, o de "Depositário", o qual é definido como a parte superficial, sedimentologicamente ativa, da plataforma (ou de qualquer bacia de deposição).

De acordo com Dias (*op. cit.*), quando se consideram as partículas e a formação dos depósitos é essencial que se tenham em atenção os processos envolvidos. Segundo McManus (1975), estes processos agrupam-se em duas grandes categorias: a) "Processos de Fornecimento", responsáveis pelo fornecimento de partículas para o depositário; b) "Processos de Distribuição", responsáveis pela distribuição dessas partículas no depositário; Os processos de fornecimento são considerados como "modernos" se a sua "configuração", no momento em que a partícula chegou ao depositário, era análoga à atual. Caso contrário esses processos podem ser considerados como "reliquia". Os processos de distribuição são os responsáveis pela distribuição e acumulação das partículas no depositário e, conseqüentemente, pela formação dos depósitos. Se os processos de distribuição são modernos, isto é, se têm configurações análogas à atual, conduzem à formação de "depósitos moderno". Se, pelo contrário, existe diferença significativa entre a configuração dos processos responsáveis pela formação dos depósitos e a configuração dos atuais processos de distribuição, esses depósitos são considerados "depósitos reliquia".

A inter-relação destes processos é utilizada por McManus (1975) na definição dos conceitos que permitem classificar os diferentes tipos de sedimentos. Assim: "Sedimentos Neotéricos" são depósitos modernos constituídos por partículas que estão presentemente a ser fornecidas ao depositário. "Sedimentos Protéricos" são depósitos modernos constituídos por partículas que chegaram ao depositário antes do Presente (ou seja, antes dos processos adquirirem configuração análoga à atual). "Sedimentos Anfotéricos" são depósitos modernos constituídos não só por partículas que estão presentemente a chegar ao depositário, mas também por outras que para aí foram transportadas anteriormente. "Sedimentos Palimpsestos" constituem depósitos reliquia contendo algumas partículas que estão a ser transportadas

atualmente para o depositário. "Sedimentos Relíquia", são depósitos não contaminados por partículas recentes.

Os conceitos de McManus (1975) foram mesmo expandidos, por Dias (1987), até ao nível das frações granulométricas, permitindo identificar, principalmente nos sedimentos anfotéricos e palimpsestos, frações neotéricas, anfotéricas, relíquia, etc. Como, em grande parte, os sedimentos relíquia (sentido lato) correspondem a depósitos residuais (tendo as partículas finas sido deles removidas), e como, nesses locais, a sedimentação atual é, predominantemente, fina, verifica-se que, muitas vezes as frações areia fina e muito fina têm características neotéricas, a fração areia média é anfotérica, a fração areia grossa é relíquia.

Fazendo-se uma análise do material da área estudada observa-se que ocorre uma inversão na granulometria dos sedimentos em relação ao modelo proposto por Johnson em 1911 (Figura 8.12), segundo o qual, a massa de água que cobre a plataforma e a cobertura sedimentar dessa constituem sistema em equilíbrio dinâmico no qual a vertente e a granulometria dos sedimentos influenciam e são influenciados pela ação marítima.

Constatou-se através da análise do mapa de distribuição do diâmetro médio da plataforma interna da área estudada que seus perfis batimétricos não são exponenciais como o de Johnson (1911, *apud* Dias, 2004) em que a forma específica seria definida, essencialmente, pelo clima de agitação marítima e pela granulometria dos sedimentos disponíveis.

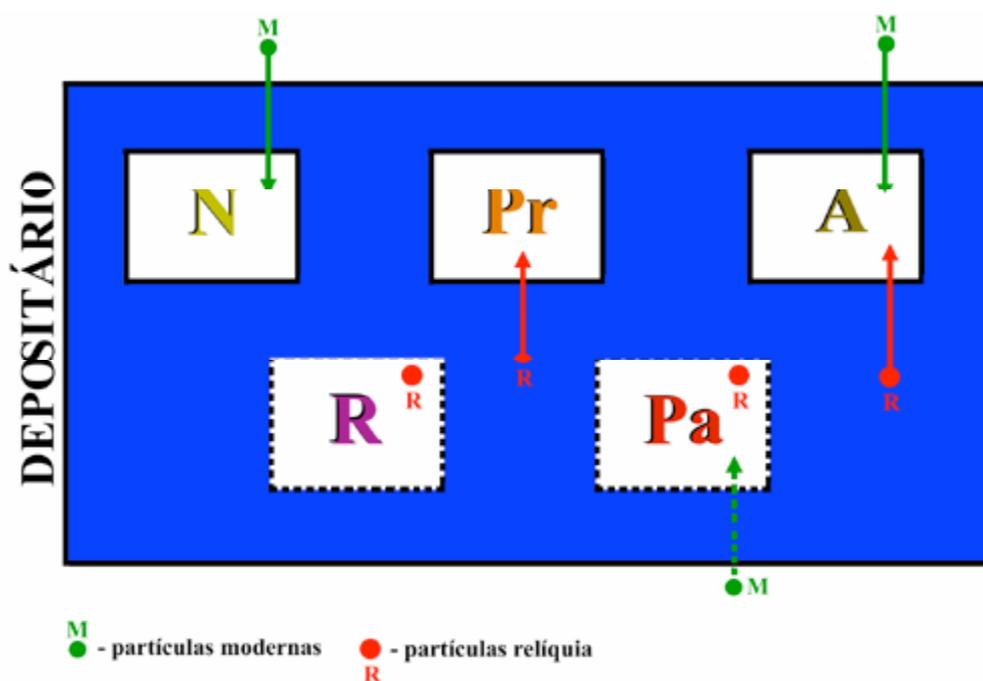


Figura 8.12 - Representação esquemática da sistematização de McManus. O retângulo azul representa o depositário. N – Neotérico; Pr – Protérico; A – Anfotérico; R – Relíquia; Pa – Palimpsesto. Adaptado de McManus (1975).



Figura 8.13 - Expressão gráfica esquemática do modelo de Johnson (1911), segundo: Dias (2004).

O que se observa é um aumento da granulometria do material no sentido plataforma de mar adentro (Offshore platform). Sendo assim, é provável que os processos atuantes na área estudada tenham comportamento análogo aos que ocorrem na plataforma continental portuguesa, descrito por Dias (1987), ou seja, o baixo percentual da fração areia fina (2 %) apresentam características neotéricas, a fração areia média (48 %) é anfotérica, a fração areia grossa (47%) é palimpséstica, e a fração areia muito grossa e cascalhenta (3 %) é relíquia.

As amostras analisadas, que apresentaram percentuais mais elevados de carbonato biogênico (entre 90,90 % e 55 %) se encontravam posicionadas, predominantemente, no extremo norte da área na praia do Paiva, enquanto que na maior parte das amostras localizadas, no extremo Sul da área, nas proximidades do Cabo de Santo de Agostinho, praia de Gaibu, os percentuais de carbonatos biogênicos ficaram entre, 8,10 % e 4,50 %.

**CAPÍTULO 9**  
**VULNERABILIDADE DA ZONA**  
**COSTEIRA**

## **CAPÍTULO 9 - VULNERABILIDADE DA ZONA COSTEIRA**

O grau de vulnerabilidade de uma zona costeira, ou mais especificamente de uma praia, é determinado em função do deslocamento da linha de costa, como também da estabilidade e das características da mesma. Tal grau dimensiona a destreza com que um processo ou elemento de um sistema sofre agressões de agentes de impactos causando, principalmente, danos econômicos.

Em geral, a vulnerabilidade está associada ao grau de urbanização e de intervenções na zona costeira (Coutinho et al., 1997). A estimativa da vulnerabilidade estabelece um elo, bastante significativo, para tornar claro as áreas preferenciais de ocupação urbana. As praias que apresentam uma progradação ou estabilidade, com a berma alta e bem desenvolvida, declive suave para o mar, como também a presença de recifes ou de barras arenosas na antepraia, têm a área correspondente à sua retaguarda protegida.

Através da consideração dos parâmetros abordados acima se enquadrou a vulnerabilidade em uma classificação em graus, segundo Coutinho (op. cit), que variam de 1° (baixo) a 3° (alto), a saber:

- i) 1° grau (baixo) - distingui-se por exibir praias com propensão a progradação, com pós-praia e estirâncio bem desenvolvidos, e ausência de obras de contenção;
- ii) 2° grau (médio) - a praia apresenta frágil estabilidade ou ligeira propensão à erosão, exibindo ainda os setores de pós-praia e estirâncio pouco desenvolvidos e presença de obras de fixação;
- iii) 3° grau (alto) - ausência de pós-praia, reduzido estirâncio e forte presença de estruturas de proteção.

### **9.1 Grau de Vulnerabilidade da Zona Costeira da Área Estudada**

No estudo da vulnerabilidade, procurou-se fazer uma análise de seu grau em cada um dos sete setores, já descritos no capítulo anterior, na área estudada (Figura 9.1).

A falta de obras de contenção, como também a presença de estirâncios bem desenvolvidos em alguns dos mesmos, e ainda a frágil estabilidade, ou ligeira propensão à erosão, permitiram identificar que os setores 3 e 7 apresentaram grau de vulnerabilidade baixo e o 5, médio. Os demais setores (1, 2, 4 e 6) mostraram, em sua extensão, graus de vulnerabilidade variando entre baixo e médio (Figura 9.1 – B 4).

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS ENTRE AS PRAIAS DO PAIVA E GAIBU, MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO ACOSTINHO, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

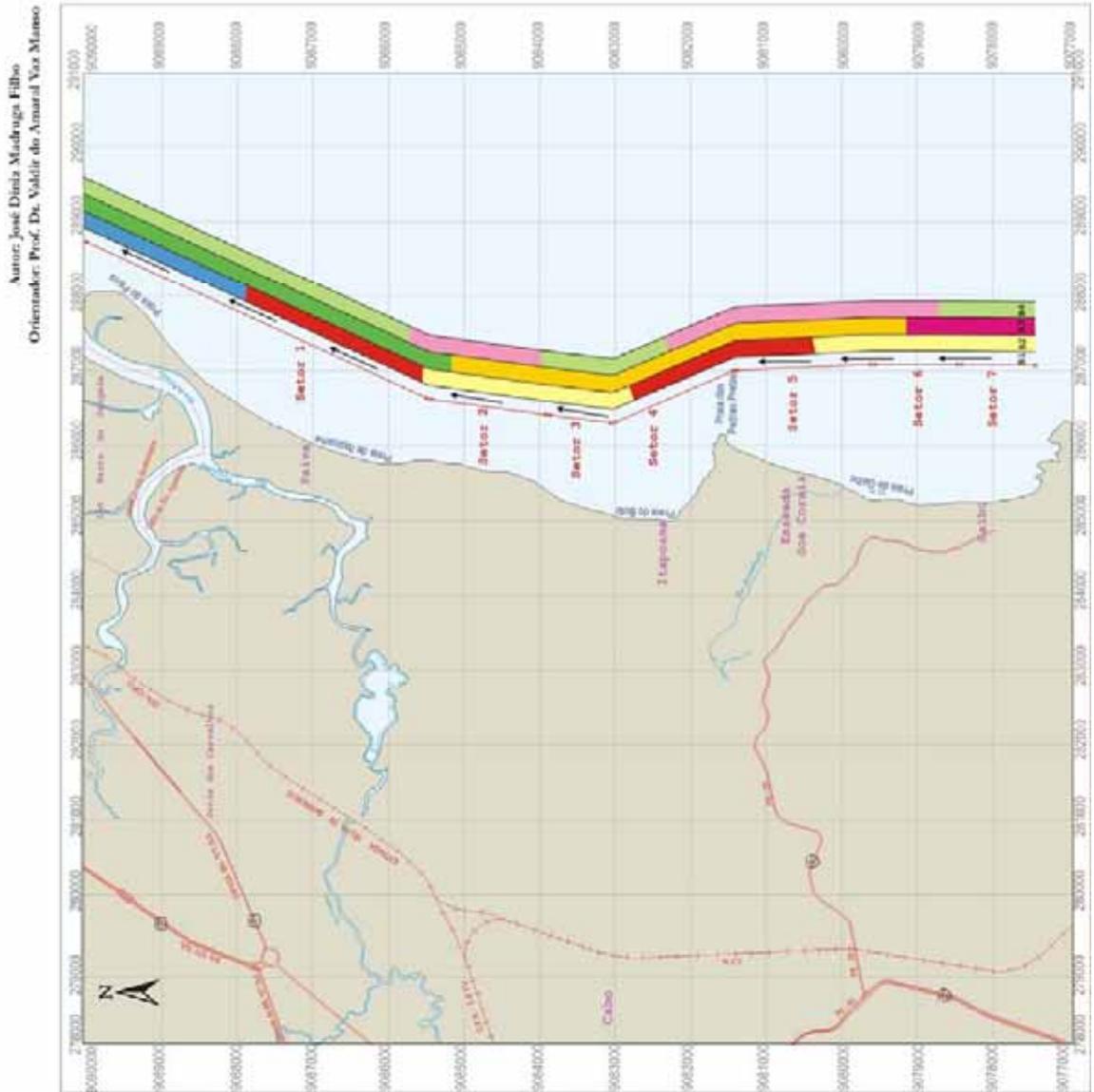


Figura 9.1: Mapa de vulnerabilidade

## 9.2 Grau de Desenvolvimento Urbano

Os impactos gerados pelo impacto do desenvolvimento urbano ocorrem, entre outros fatores, porque os municípios não possuem capacidade institucional e econômica para administrar o problema, enquanto os Estados e a União estão distantes demais para buscar uma solução gerencial adequada que os apóie. Cada um dos problemas é tratado de forma isolada, sem que haja um planejamento preventivo ou mesmo curativo dos processos. Como consequência, observam-se prejuízos econômicos (perdas de moradias e bens, interrupção de atividade comercial e industrial), forte degradação da qualidade de vida com retorno de doenças de veiculação hídrica, e até perda de vidas em algumas áreas, entre outros acidentes decorrentes do uso inadequado. O custo de controle das áreas de risco, principalmente na fase de planejamento, é muito menor que o curativo depois que os problemas se instalam.

A área estudada, caracterizada por forte vocação para atividades turísticas e de lazer, tem experimentado um acentuado crescimento demográfico que se verifica tanto nos núcleos urbanos consolidados – Gaibu e Itapoama, quanto nos loteamentos de veraneio. Esse crescimento tem sido acompanhado por um número cada vez maior de equipamentos turísticos, o que vem atraindo uma crescente população flutuante. Embora como foi citado, estes núcleos urbanos existam, por outro lado, também, tem-se trechos do litoral, praticamente intocáveis, como é o caso da praia do Paiva, por ser uma área particular, cuja ocupação é controlada pelos proprietários.

Em função dos parâmetros acima citados avaliados diretamente em campo através de caminhadas e da análise de fotografias cedidas pela Prefeitura do Cabo de Santo Agostinho, foram observadas as áreas ocupadas por casas e prédios entre as praias do Paiva e Gaibu. As praias com mais de 60% da sua área total ocupada, foram classificadas como de alto grau de desenvolvimento urbano, as que apresentaram entre 30% e 60% da sua área total ocupada, como de grau de desenvolvimento urbano intermediário e as praias com menos de 30% da sua área total ocupada foram classificadas como de baixo grau de desenvolvimento urbano (Figura 9.1 - B 3).

O setor 1 e parte do setor 2 apresentaram um baixo grau de desenvolvimento urbano, em função do seu posicionamento em trecho não habitado (Fotos 9.1 e 9.2). Como já foi abordado no item 6.1.1, do capítulo 6, os mesmos, localizam-se em faixa cercada da praia do Paiva, onde não existem, ainda, edificações, enquanto que o restante do setor 2 e ainda os setores 3, 4, 5, e parte do 6, mostraram um grau de desenvolvimento urbano intermediário (Fotos 9.3, 9.4, 9.5 e 9.6). O



Foto 9.1 – Setor 1, praia do Paiva, caracterizado por baixo grau de desenvolvimento urbano e baixa vulnerabilidade.



Foto 9.2 - Vista parcial da Praia do Paiva (Setor 1), onde não existem edificações, caracterizando o baixo grau de desenvolvimento urbano.



Foto 9.3 - Vista parcial do setor 2, praia de Itapoama, que se caracteriza por apresentar linha de costa estável, grau de desenvolvimento intermediário e vulnerabilidade média.



Foto 9.4 - Vista parcial do setor 4, praia das Pedras Pretas, que apresenta processo erosivo instalado, grau de desenvolvimento urbano intermediário e vulnerabilidade média.



Foto 9.5 – Vista geral do setor 5, caracterizado por apresentar indícios de processo erosivo e grau médio de desenvolvimento urbano e média vulnerabilidade.

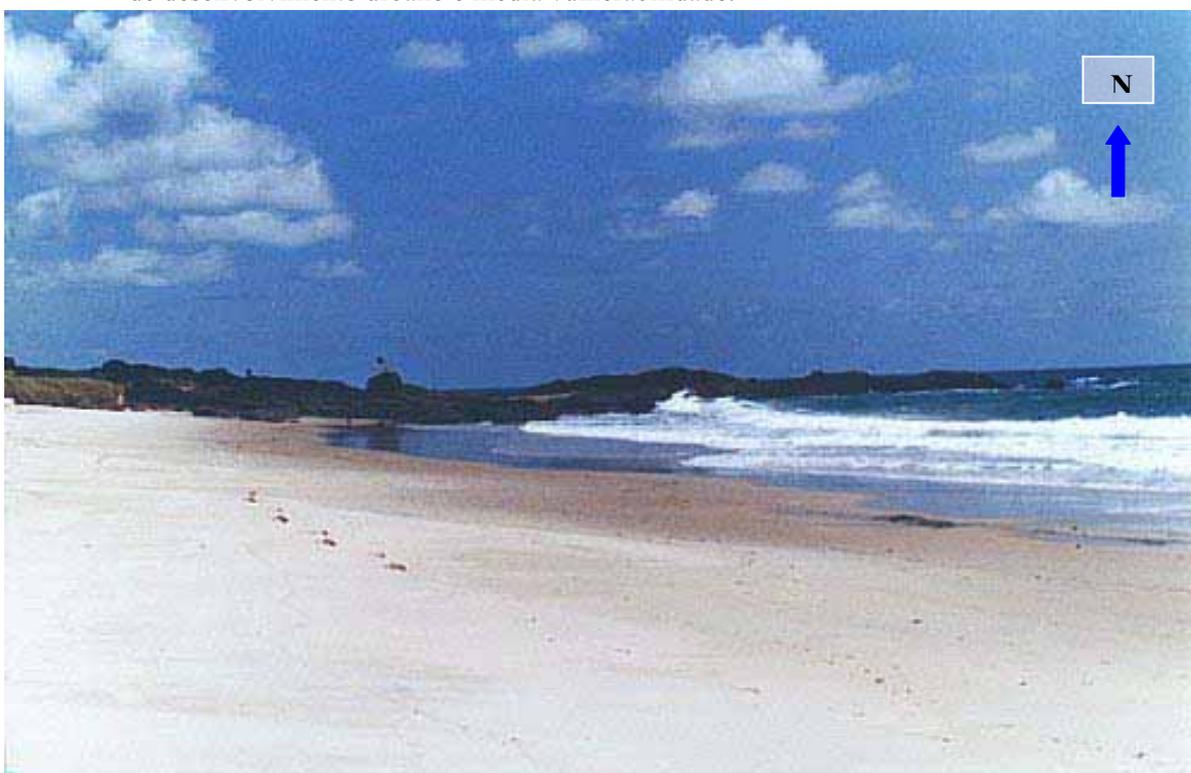


Foto 9.6 - Vista parcial, em detalhe, do início do setor 5, praia de Enseada dos Corais, mostrando a largura do seu estirâncio.

grau de desenvolvimento urbano alto foi identificado, apenas, em parte do setor 6 e 7 na praia de Gaibu (Fotos 9.7 e 9.8).

### **9.3 Vulnerabilidade dos Processos Costeiros**

As regiões costeiras são ambientes extremamente dinâmicos, complexos e densamente povoados. As águas costeiras representam cerca de 8% da superfície da Terra, 25% da produtividade primária mundial e 90% da captura mundial de peixes, constituindo, assim, um sistema de magnitude considerável.

O sistema costeiro pode ser definido como o espaço onde o ambiente terrestre influencia o ambiente marinho e vice-versa, havendo uma interação dinâmica entre a água doce, a água marinha, o sistema terrestre e a atmosfera.

Os problemas ambientais que vêm acontecendo nas áreas costeiras, já estão sendo motivo de preocupação para as autoridades em todo o país, principalmente nos municípios litorâneos, como é o caso do Cabo de Santo Agostinho. Diversas ações, decorrentes de programas de desenvolvimento e de projetos voltados para a área costeira, vêm sendo aplicadas.

Para se avaliar os processos costeiros da área estudada levou-se em consideração o estudo da evolução da linha de costa em médio prazo, onde foi feita a comparação da linha de costa do ano 1972 com a de dezembro de 2002. No capítulo seguinte será feita uma abordagem detalhada desse estudo.

Fazendo-se uma análise dos processos costeiros nas praias da área estudada constata-se que as mesmas apresentaram trechos com acreção, estabilidade e, também, com erosão. Considerando-se os setores anteriormente definidos, o de número 1 apresentou tendências a acreção, desde o extremo norte da área até as proximidades do perfil P<sub>2</sub>, enquanto que no restante do mesmo ocorreu erosão (Figura 9.1 – B2). Os setores 2 e 3, caracterizaram-se por se mostrarem estáveis em suas extensões. Também essa estabilidade marca o início do setor 4, no entanto, nas proximidades da praia do Boto, ainda neste setor, inicia-se o processo erosivo que se estende, do seu final até cerca da metade do setor 5, abrangendo a praia das Pedras Pretas e certo trecho da praia da Enseada dos Corais. O final do setor 5 e os outros setores restantes da área estudada, apresentaram um comportamento estável.



Foto 9.7 - Vista do setor 6, praia de Gaibu, que apresenta linha de costa estável, alto grau de desenvolvimento urbano e vulnerabilidade baixa.



Foto 9.8 - Vista do setor 7, praia de Gaibu, caracterizado por manter-se estável, com grau de desenvolvimento urbano alto e vulnerabilidade baixa.

#### 9.4 Processos erosivos

Os maiores problemas na manutenção de uma praia não são produzidos pelo movimento sazonal de areia da berma para as barras submarinas e vice-versa, mas pelo movimento de areia paralelo à costa.

As ondas geralmente se aproximam da orla marinha formando um ângulo, e tendem a ser refratadas ou dobradas pelos contornos submarinos, que fazem a linha das ondas tornar-se paralela à linha da costa. As ondas, porém, geralmente não são totalmente refratadas, ocasionando com isso uma corrente denominada de deriva litorânea, que surge apenas na região de arrebentação.

Esta corrente é demasiadamente lenta para transportar os grãos de areia por si mesma, mas tem tal ação facilitada pela região de arrebentação das ondas, que mantém a areia em suspensão. O mecanismo é simples: na superfície da praia, as partículas de areia transportadas pela água que chega descrevem um movimento de zigue-zague na mesma direção da corrente de deriva litorânea, de tal modo que cada onda as movimenta em um pequeno trecho ao longo da praia. Na água, ocorre a mesma coisa: as ondas podem levantar os grãos de areia e a corrente de deriva litorânea imprime a estes grãos um movimento de zigue-zague. Como consequência, a areia é movimentada pela ação da corrente. Assim esta corrente de pouca velocidade é capaz de transportar grandes quantidades de material ao longo da costa, caracterizando o processo erosivo, freqüentemente atingindo cifras que superam 1000 metros cúbicos por dia, valor equivalente a cerca de 100 grandes caminhões carregados de areia, passando através de um ponto da praia a cada dia, ou 1 caminhão de areia a cada 15 minutos!

A corrente de deriva litorânea pode também voltar-se em direção ao mar, devido a presença de cânions submarinos na plataforma e talude continental adjacente. Isso faz com que a praia possa terminar bruscamente, pois todo o sedimento que seria transportado por essa corrente ao longo da praia, pode acabar desviado para esse cânion, onde os sedimentos ficarão depositados no leito da bacia oceânica a muitas centenas de metros de profundidade .

Como toda a região litorânea é muito dinâmica, deve-se ter cautela com quaisquer tipos de construções que bloqueiam a movimentação de areia. Assim, qualquer tipo de obra de engenharia, tais como *piers*, molhes, enrocamentos ou muros, por exemplo, devem ser acompanhadas por estudos oceanográficos que assegurem o não impedimento dos fluxos de água e areia na região.

A retirada de areia de uma praia para a construção civil pode causar, da mesma forma, danos às praias da região ou ainda a construção de barragens hidrelétricas nos rios pode contribuir para que haja redução do volume de areia que chega ao mar, podendo acarretar diminuição ou mesmo, em caso extremos, o desaparecimento de praias em regiões dependentes dessa areia para a sua conservação.

Ao longo da costa brasileira não se observa um padrão definido na movimentação de areia. O sentido da deriva da corrente litorânea varia de região para região. Nas costas do Brasil encontram-se exemplos catastróficos de construções praianas, que acabaram por impedir o transporte de sedimentos ao longo da costa devido à interrupção do fluxo das correntes de deriva litorânea, como ocorre, por exemplo, no litoral da região metropolitana de Fortaleza (CE) e próximo à cidade de Recife (PE).

Ao longo de todo o litoral do Estado de Pernambuco, devido ao fato do sistema de ventos atuarem com velocidade e direção predominantemente constantes, as ondas possuem grande influência no transporte de sedimentos ao longo da costa.

A costa de Pernambuco é dominada por ondas que sofrem a ação dos ventos alísios, com direção preferencial E-SE no período de abril a setembro e de N-NE de outubro a março, entretanto a maior intensidade dos ventos ocorre nos meses de agosto e setembro (Coutinho et al., 1997). Os ventos de E-SE são de grande relevância nos processos dinâmicos costeiros, determinando o sistema de ondas que atinge a costa, como também, gerando a corrente de deriva litorânea, fundamental para o processo evolutivo do litoral.

Na área estudada, as correntes apresentaram velocidade em torno de 0,5m/s com direção predominante de Sul para Norte, sofrendo ampla ação dos ventos de direção SE-NW (Figura 9.1 – B1).

### **9.5 A Questão Ambiental da Área**

Ultimamente a exposição geomorfológica vem tendo um caráter proeminente junto à área de programa ambiental. Isto se deve ao episódio dos processos geomorfológicos exercerem um papel natural como agentes da evolução do relevo. Mesmo quando a ação antrópica intensifica a atuação desses processos, promovendo aumento ou diminuição da erosão ou deposição, a mobilização do material é sempre influenciada ou conduzida pelos processos geomorfológicos intrínsecos.

A região em questão encontra-se cheia de alterações procedentes da ingerência do homem no sistema ambiental (Foto 9.9). O Município do Cabo de Santo Agostinho apresenta um aturado crescimento no aproveitamento do potencial turístico. Em consequência disto, preocupa-se com a maior demanda na área comercial. Como resultado, vem intensificando e aperfeiçoando sua rede viária e ampliando a zona comercial para progresso da infra-estrutura turística. O uso não programado do relevo causa mudanças, não apenas na área ocupada, mas também traz impactos na área de influência direta e indireta do empreendimento, muitas vezes notados somente a longo prazo. Tal fato realça a importância do conhecimento antecedente das características do meio físico e o posicionamento temporal destes empreendimentos, que aceitem a sucessão de uma análise histórica dos processos envolvidos.

No meio das ingerências antrópicas, pode-se ressaltar como principal modificador do relevo, a construção do porto de Suape. Embora o referido porto esteja situado na porção Sul do Município, e portanto fora do limite da área estudada, Suape encontra-se numa região de influência mútua entre as correntes de deriva litorânea e a dinâmica estuarina. Estudos feitos na área, demonstram que as oscilações de maré causam a penetração do fluido no estuário que é então alastrado aos canais e margens. Todo e qualquer acidente de efusão de óleo, portanto, chegaria à zona estuarina, o que confirma a fragilidade desse ecossistema.

A construção do porto induziu alinhamento de rio, dragagens, "engordamento" de praia e, recentemente, derrocamento de 300 m da linha do recife de arenito. Estas obras alteraram, intensamente, não só a hidrodinâmica e morfodinâmica de fundo da área, mas também as formas de relevo emersas. A morfologia da área a Sul do Cabo de Santo Agostinho foi completamente modificada (Foto 9.10), como por exemplo, após a construção do porto, surgiu a Ilha de Cocaia (Foto 9.11).

Detalhes sobre o processo destas intervenções, como também a análise das modificações sofridas na descarga sólida do rio Ipojuca, após seu desvio, e que trouxeram grandes modificações no modelo de circulação estuarina ao longo dos rios Massangana e Tatuoca e na própria bacia de Suape, não fazem parte do objetivo deste trabalho, por localizar-se fora do município, mas são estudados pela equipe do LGGM; contudo, é impossível deixar de registrar os fatos notórios que promoveram a modificação na dinâmica costeira e que atingiu a região estudada.



Foto 9.9 – Vista parcial do porto de Suape mostrando a ingerência antrópica no sistema ambiental (Suape – Complexo Industrial Portuário, 1999).

### 9.6 Considerações Parciais

É importante ter em mente que a dinâmica dos ambientes costeiros pode afetar sobremaneira a morfologia das praias em muito menos tempo do que se supõe. Os ajustes dos contornos litorâneos podem ocorrer em anos, meses, dias ou horas (Pethick, 1984).

Na área estudada constatou-se uma relação direta em determinados trechos entre grau de desenvolvimento urbano, os processos costeiros e a vulnerabilidade, o que provavelmente acontece pela retirada, interrupção e/ou obstrução de sedimentos e material biológico transportados pelo vento e/ou carreados pelas correntes costeiras e de deriva. Na verdade, com o aumento do grau de desenvolvimento urbano, ocorre a ocupação e destruição da paisagem litorânea, principalmente pela população flutuante de 2ª residência e alguns empreendimentos turísticos. A interrupção do fluxo de sedimentos em um litoral altamente dinâmico, têm agravado



Foto 9.10 – Vista do porto de Suape, cujas obras alteraram a hidrodinâmica, morfodinâmica e morfologia da área a Sul do Cabo de Santo Agostinho (Foto – Suape, Complexo Industrial Portuário, 1999).



Foto 9.11 – Ilha de Cocaia, forma de relevo emersa, surgida após intervenções antrópicas em Suape (Foto – Suape, Complexo Industrial Portuário, 1999).

a problemática da erosão costeira; nos trechos já mencionados anteriormente, a especulação imobiliária tem gerado a descaracterização e o desalojamento de algumas comunidades como as de pescadores, em algumas praias da área por exemplo.

Quanto ao grau de vulnerabilidade, constatou-se que o mesmo se comporta como baixo ou médio em toda área estudada com ligeira predominância do grau baixo, em função de boa parte da área se encontrar em um trecho em estado quase primitivo (praia do Paiva), e apresentarem pós-praia e estirâncio bem desenvolvidos, com ausência de obras de contenção.

O *spit*, no extremo norte da área, provavelmente tem como uma das fontes de alimentação, os sedimentos dos pontos onde o processo erosivo se instalou na linha de costa; tal afirmação é corroborada pela corrente de deriva, predominantemente, no sentido S-N.

A área apresenta um aturado crescimento no aproveitamento do potencial turístico, e já demonstra, pelo uso não programado do solo, indícios de impactos ambientais consideráveis. As modificações no relevo estão causando alteração, não apenas na área ocupada, mas também na área de influência direta e indireta, somente, percebidas a longo prazo. Os dados ora observados realçam a importância do conhecimento antecedente das características do meio físico. A construção do porto de Suape, é de grande influência no comportamento geológico e hidrodinâmico da área estudada, e, se destaca como principal modificador do relevo e da dinâmica costeira, sem levar em conta os fatores bióticos.

**CAPÍTULO 10**  
**CONSIDERAÇÕES FINAIS E**  
**CONCLUSÕES**

## CAPÍTULO 10 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

As pesquisas realizadas na área estudada entre as praias do Paiva e Gaibu no Município do Cabo de Santo Agostinho, Litoral Sul de Pernambuco usando métodos de trabalho já referidos possibilitaram tirar as seguintes conclusões:

As zonas costeiras abrigam um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental, cuja diversidade é marcada pela transição de ambientes terrestres e marinhos, com interações que lhe conferem um caráter de fragilidade devido às suas características mais marcantes, principalmente, a complexidade natural que envolve a ação de mecanismos que atuam de forma integrada. Entre esses mecanismos, os ventos, as ondas, a altura do nível relativo do mar, as propriedades dos sedimentos, todos sofrem modificações naturais constantes, o que faz com que as zonas costeiras necessitem de atenção especial do poder público.

A planície costeira presente possui a sua evolução ligada a ações tectônicas, bem como, as variações do nível do mar e climáticas. Na praia de Gaibu, a presença de vermetídeos que se encontram em vários níveis acima da linha de vida dessas espécies, confirma a existência de níveis marinhos holocênicos.

Dividindo a área em sete setores para melhor caracterizar o sistema praias morfológicamente, levando-se em consideração a presença ou não de recifes, erosão costeira e ocupação ou não da linha de costa pode-se dizer que:

O setor 1 requer a maior atenção em função de englobar uma área estuarina, de proteção ambiental, formada pelos rios Jaboatão e Pirapama que está protegido pela Lei Nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986.

O setor 2, apesar da presença de recifes mostrou-se vulnerável durante o período monitorado.

O setor 4 requer um posicionamento adequado dos bares e construções, das praias de Itapoama e Pedra do Xaréu, que ocupam a linha de berma e pós-praia com o propósito de não intervir na dinâmica costeira.

As análises sedimentológicas revelaram, para a pós-praia, predominância de areias médias. A praia apresentou uma composição granulométrica variando entre areia média e fina

conforme a energia das ondas. A maior variação textural foi observada no setor de antepraia, onde esta apresentou desde areia fina até grossa.

No que se refere à assimetria, a sua questão característica, de apresentar predominância de valores negativos nos depósitos de sedimentos da face da praia, não foi confirmada nas análises sedimentológicas realizadas neste setor.

O estudo da morfoscopia das partículas sedimentares realizado, nos meses de verão e inverno, revelou uma grande tendência das mesmas a se portarem como subarredondadas, quanto ao grau arredondamento, na pós-praia e antepraia, e angulosas e subangulosas na praia. De maneira geral a esfericidade manteve-se média nestes três setores. A composição mineralógica foi predominantemente quartzosa e em função do baixo grau de arredondamento do referido mineral, presume-se que a área fonte do quartzo situa-se nas proximidades. A parte biótica cresceu, em percentual, da pós-praia para antepraia.

A corrente de deriva litorânea, durante o período monitorado, foi sempre de Sul para Norte, com velocidades de 0,5 m/s, ou próximas a este valor e as ondas foram, predominantemente, do tipo deslizante.

As maiores alturas de ondas ocorreram no ponto de observação P<sub>5</sub> (praia do Paiva), com cerca de 1,28 m para um período de 10 s enquanto que as menores foram medidas no ponto de observação P<sub>7</sub> (praia de Enseada dos Corais), com cerca de 0,82 m para um período de 7,4 s.

O estudo morfodinâmico realizado nos pontos de observação nas praias da área estudada, com o propósito de classificá-la em função do Parâmetro de Dean, apresentou valores que a definem, morfologicamente, como intermediária, fazendo-se exceção, a praia de Enseada dos Corais (maio/03) e a do Paiva (nos pontos de observação P<sub>2</sub> e P<sub>6</sub>), nos períodos de maio de 2003 e janeiro a março de 1998, respectivamente, que apresentaram caráter dissipativo.

A análise da evolução da linha de costa, em médio prazo, possibilitou a identificação de quais foram os trechos mais críticos, sob o ponto de vista da erosão costeira, durante as últimas três décadas.

Os estudos radiométricos revelaram que a deposição dos minerais pesados é mais freqüente na Praia de Gaibu, onde foram registradas as maiores leituras (leituras de 750 cps). No entanto, ocorreram registros representativos na Praia do Paiva, Itapoama (traquito) e no estuário do Rio Jaboatão (*Spit*).

O estudo mineralógico realizado nas areias do estuário do rio Jaboatão e praias da área estudada, também confirmam maior concentração de minerais pesados (placers de praia) nos locais referidos acima.

Os placers de praia, em geral, estão associados a areias que apresentam granulometria que variam entre média e fina, tanto na escarpa de praia como no estirâncio, havendo, contudo, uma predominância dos mesmos nas areias médias. É provável que eles procedam de uma fonte próxima. Possivelmente, em Gaibu, do granito do Cabo de Santo Agostinho e no trecho Paiva – Itapoama seriam resultante da decomposição do traquito de Pedra do Xaréu como também do granito referido acima. Uma outra procedência de tais depósitos seria da plataforma, já que suas características (suave declive) favorecem tal fato.

As amostras que apresentaram elevado teor de minerais pesados, próximo ou acima de 50%, são provenientes de dois trechos: - Paiva – Itapoama e Gaibu – baías.

Do total de amostras de areias analisadas cerca de 52 % continham mais de 1 % de minerais pesados, 6,8 % apresentaram valores superiores a 50 % dos mesmos e 48% valores inferiores a 1 %.

O baixo *background* encontrado (109 cps) e as observações de campo evidenciaram que os depósitos de placers ocorrem apenas superficialmente, não sendo, a princípio, representativos a níveis de radiação nem tão pouco para fins medicinais como as de Guarapari no Espírito Santo. Porém, o fato da faixa costeira no Estado de Pernambuco ser considerada estável, com a orla oceânica apresentando plataforma de suave declividade em relação ao mar, justifica que se prossiga com as pesquisas nestas áreas, inclusive porque as ocorrências mundiais dos depósitos de placers, segundo a literatura, se posicionam em faixas costeiras com tais características.

Verificou-se, também, que a sazonalidade exerce um papel extremamente importante na distribuição dos minerais pesados na área de pesquisa e que há necessidade de continuar esses estudos a fim de confirmar os resultados encontrados que, a princípio, não comprovam a utilização da praia para usos medicinais em função do baixo *background*.

Na área estudada constatou-se uma relação direta em determinados trechos entre grau de desenvolvimento urbano, os processos costeiros e a vulnerabilidade, o que provavelmente acontece pela retirada, interrupção e/ou obstrução de sedimentos e material biológico transportados pelo vento e/ou carregados pelas correntes costeira e de deriva.

Quanto ao grau de vulnerabilidade, constatou-se que o mesmo comporta-se como baixo ou médio em toda a área estudada com ligeira predominância do grau baixo, em função de boa parte da área, se encontrar em um trecho em estado quase primitivo (praia do Paiva), e apresentarem pós-praia e estirâncio bem desenvolvidos, com ausência de obras de contenção.

A análise da evolução da linha de costa, em médio prazo, possibilitou a identificação de quais foram os trechos mais críticos, sob o ponto de vista da erosão costeira, durante as últimas três décadas.

O setor 5, praia de Enseada dos Corais, foi o único setor em que não houve progradação da linha de costa, apresentando ainda, juntamente com o setor 1 (praia do Paiva), os dois maiores trechos onde o processo erosivo mostrou-se mais evidente.

O setor 7, posicionado entre o Hotel Canários e o promontório do Cabo de Santo Agostinho e o setor 4 ficaram marcados pelos trechos de maiores evidências de estabilidade/progradação, em termos proporcionais na área estudada. Cerca de 60 % e 34 % de suas extensões respectivamente não registraram alteração significativa, enquanto que 40 % e 66 % apresentaram avanço da posição da linha de costa.

O total das áreas progradantes, entre as praias do Paiva e Gaibu, representam cerca de 78% enquanto que 22 % marcam as áreas que foram erodidas.

Dos 14831,1 m de praias projetadas sobre a linha de referência, cerca de 49 % sofreram avanço da posição da linha de costa, enquanto que 26 % não registraram alteração e apenas 25 % apresentaram recuo.

Os trabalhos de campo forneceram ainda, uma idéia geral da distribuição morfológica das praias e de seu estado atual de evolução.

Na análise da evolução da linha de costa em curto prazo no trecho da praia nas imediações do perfil P<sub>1</sub>, durante o monitoramento, verifica-se uma morfologia com bastante variação nos setores de praia (estirâncio) e antepraia, tendo maior volume de material, 342,91 m<sup>3</sup>/m em dezembro de 2002 (verão) e o menor, 236,35 m<sup>3</sup>/m em maio de 2003 (inverno). Observa-se ainda que, durante os meses de estudos, houve um crescimento do volume de material de inverno para verão, atingindo o máximo em dezembro de 2002. A partir deste mês, houve decréscimo, que durou até o último mês monitorado (maio de 2003).

No que se refere ao trecho de praia do perfil P<sub>2</sub>, constata-se que provavelmente, a redução da pós-praia que vem ocorrendo neste setor seja função do acentuado processo erosivo atuante na

margem direita do rio Jaboatão, já que durante o monitoramento houve uma taxa de deposição média da ordem de  $33,82 \text{ m}^3/\text{m}$ .

Verifica-se que, com relação aos considerados novos perfis ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , e  $P_7$ ), com exceção apenas de  $P_2$ , nos meses de fevereiro e maio de 2003, todos eles apresentaram diminuição de volume do material em fevereiro (verão) em relação a maio (inverno).

Também os perfis  $P_4$ ,  $P_5$  e  $P_6$ , com exceção de  $P_4$ , mostraram o mesmo comportamento dos referidos acima, ou seja: maior volume de material em fevereiro de 2003 (verão) do que em agosto de 2002 (inverno).

Os resultados quantitativos obtidos nos perfis para o período considerado mostraram uma taxa de erosão média que variou entre  $1,02 \text{ m}^3/\text{m}$  e  $76,4 \text{ m}^3/\text{m}$ , como também, os gráficos dos perfis, apresentaram tendência erosiva, fazendo-se exceção apenas, o perfil praial  $P_2$ , cujos resultados quantitativos obtidos, mostraram taxa de deposição média de  $33,82 \text{ m}^3/\text{m}$ , enquanto que, o gráfico do mesmo apresentou leve tendência a deposição.

A existência, nas imediações do perfil  $P_1$ , de um *spit* em formação, associado a um estuário bastante degradado, como também, as correntes de deriva litorânea, predominantemente, no sentido S-N, permite concluir que provavelmente o *spit*, esteja recebendo aporte acentuado dos sedimentos transportados pelo rio Jaboatão, principalmente na área estuarina em concomitância com o material proveniente do déficit sedimentar dos outros perfis estudados.

A contribuição sedimentar terrígena atual, diretamente descarregada na região na plataforma continental interna da área estudada é baixa, e provém do estuário do rio Jaboatão.

As condições ambientais, sobretudo, as hidrodinâmicas, presentes no ambiente deposicional, determinadas através do método de análise discriminatória multivariada mostraram um domínio de influência fluvial ao Norte da área, nas proximidades do estuário do rio Jaboatão, e nas imediações das praias de Itapoama e do Paiva, como se esperava, em função do domínio do referido Rio.

A análise do mapa do diâmetro médio indicou predominância das areias média e grossa, com percentuais de 48 % e 47 % respectivamente. Os histogramas relativos as amostras representativas confirmam que a classe modal mais expressiva corresponde às areias média e grossa.

Na área estudada, a plataforma continental interna apresentou, de forma unânime, uma aceitável regularidade, no que diz respeito a sua cobertura sedimentar e morfologia.

O levantamento sedimentológico da plataforma continental interna da área revelou que a mesma, texturalmente, é atapetada pelas fácies areia, areia cascalhosa, areia lamosa e lama arenosa sendo a fácies areia dominante.

Com relação distribuição do diâmetro médio destes sedimentos, a área é coberta predominantemente por areias média e grossa, contudo, também ocorrem às areias muito grossa e fina, comprovando assim, uma distribuição granulométrica bem vasta.

Quanto ao desvio padrão, analisando-se os dados obtidos na área, observa-se predominância de sedimentos com grau moderadamente selecionado perfazendo 85 % das amostras.

Os sedimentos com assimetria positiva a muito positiva representam cerca de 53 % das amostras e estão relacionados com uma hidrodinâmica mais baixa, possuindo, ainda, provavelmente, influência maior fluvial.

A maior parte dos sedimentos da plataforma interna adjacente apresentam curtose leptocúrtica a muito leptocúrtica, perfazendo um total de 52 % e tais distribuições leptocúrticas costumam representar sedimentos unimodais.

Através da análise do mapa batimétrico elaborado, da plataforma interna estudada foi possível observar a diferenciação nos padrões das curvas batimétricas, ao Norte e ao Sul da área e dividi-la em 2 setores com características próprias, porém, apresentando, no geral, uma morfologia de fundo bastante movimentada com alternância de bancos e depressões alinhadas preferencialmente na direção N-S.

Ao norte da área estudada, onde se encontrou maior quantidade de cascalhos biotróficos acobertando a plataforma interna, observou-se inúmeros bancos pesqueiros, já que tais cascalhos oferecem condições para fixação de pequenos organismos, o que irá refletir em um aumento da população de peixes e propiciar melhores condições para atividade pesqueira.

O material grosso analisado e, principalmente, o material biotrófico apresentam características de retrabalhamento, indicando deposição pretérita com posterior remobilização.

As amostras analisadas, que apresentaram percentuais mais elevados de carbonato biogênico (entre 90,90 % e 55 %) se encontravam posicionadas, predominantemente, no extremo norte da área na praia do Paiva, enquanto que na maior parte das amostras localizadas, no extremo Sul da área, nas proximidades do Cabo de Santo de Agostinho, praia de Gaibu, os percentuais de carbonatos biogênicos ficaram entre, 8,10 % e 4,50 %.

É provável que a fração areia fina (2 %) representem sedimentos com características neotéricas, a fração areia média (48%) seja anfotérica, a fração areia grossa (47 %) palimpséstica, e a fração areia muito grossa e cascalhenta (3 %) seja relíquia.

# **CAPÍTULO 11**

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## CAPÍTULO 11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alheiros, M.M., 1998. Os Morros da Região Metropolitana do Recife. Disponível em <http://www.proventionconsortium.org/files/morros/cap01.pdf>. Acessado em 22/05/2002.
- Alheiros, M.M., 1987. Caracterização Sedimentológica da Formação Cabo Pernambuco. Recife. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE, 90p.
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Neves, B.B.B.; Fuck, R.A., 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande. Atas..., Campina Grande: SBG, 363-391p.
- Almeida, F.F.M., 1955. Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha Dep. Nac. de Produção Mineral, Div. de Geol., Monografia, (13): 181p.
- Amaral, A.J. & Menor, E.A., 1979. A Seqüência Vulcano-Sedimentar Cretácea da Região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 9, Natal. Atas... Natal. SBG. 251-269p.
- Andrade, G.O., 1955. Itamaracá. Contribuição para o estudo geomorfológico da costa de Pernambuco. Imprensa Oficial, Recife, 84p.
- Arrais, M.S.M.C., 1991 Estudos geoeconômicos dos “placers” praias da Ponta da Gamboa, Litoral Sul de Pernambuco. Relatório de Graduação. UFPE, Recife.
- Assis, H.M.B., 1990. Estudo dos beach rocks do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. 91p.
- Barreto, H.T. & Summerhayes, C.P., 1975. Oceanography and suspended matter of northeastern Brazil. *Journ. Sedim. Petrol.*, 45 (4); 822-833p.
- Barbosa, L.M.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L. 1986a. The Quaternary coastal deposits of the State of Alagoas: Influence of the relative sea level changes. In: Rabassa, J. Ed. *Quaternary Of South America And Antarctic Peninsula*. Balkema Pub., vol. 4, 269-290p.
- Barbosa, L.M.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L., 1986b. Mapa Geológico Do Quaternário Costeiro do Estado de Alagoas. In: DANTAS, J.R.A. & SOUZA, E.P. eds., *Mapa Geológico do Estado de Alagoas - 1/250.000*. DGM/DNPM.
- Beurlen, K. & Cobra, R.Q., 1960. Novas localidades fossilíferas no litoral sul de Pernambuco. *Anais da Acad. Bras. Ciênc.*, Rio de Janeiro, v.32, n.2, (Resumo das Comunicações).
- Beurlen, K., 1964. Estratigrafia da faixa Sedimentar costeira Recife – João Pessoa. *Bol. da Soc. Bras. De Geol.*, 16:1, 43-53.

- Bezerra, F.H., Lima-Filho., Amaral, R.F, Caldas, L.H.O. & Costa Neto, L.X, 1998. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: Stewarts, I.S. & Vita-Finzi, C. (eds). Costal Tectonics. Geological Society, Special Publications, 146:279-293.
- Bigarella, J.J., 1946. Contribuição ao estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, (1):75-111.
- Bigarella, J.J.; Hartkopf, C.C.; Sobanski, A.; Trevisan, N., 1955. Textura superficial dos órgãos em areias e arenitos. Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas-UFPR. *Arq. de Biologia e Tecnologia*. Vol.X. Art. II. 254-277p.
- Bigarella, J.J., 1954. Os sambaquis na evolução da paisagem litorânea sul-brasileira. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, (9-10):199-221.
- Bigarella, J.J.; Andrade, G., 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). *Arquivos do Instituto de Ciências da Terra. Recife*. N.2, 2-14p.
- Bigarella, J.J. & Popp, J.H., 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes. IV – Praias dunas de Barrado Sul (SC). *Boi. Paran. Geogr.*, 18/20
- Bigarella, J.J., 1975 reef sandstone from northeastern Brazil (A survey of sedimentary structures). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 47 (supl.):395-409.
- Bittencourt, A.C.S.P., 1975. Sedimentação recente na costa atlântica de Salvador. *Rev. Bras. Geoc.*, 5:46-63
- Bittencourt, A.C.S.P.; Martins, Vilas Boas, G.S. Flexor, J.M., 1979. Quaternary marine formations of the coast of the state of Bahia (Brazil). *Atlas do Simp. Intern. Sobre a evolução costeira no Quaternário*. São Paulo (SP). 232-253p
- Bittencourt, A.C.S.P.; Martins, I., Dominguez, J.M.L. & Ferreira, Y.A., 1983 a. Evolução Paleogeográfica quaternária da costa do Estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas. *Rev. Bras. Geoc.*, 13(2):93-97.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Martins, I., Dominguez, J.M.L. & Ferreira, Y.A., 1983 b. Mapa geológico do Quaternário da costa do Estado de Sergipe. In: Bruni, M.A.L.& Silva, H.P. eds *Mapa Geológico do Estado de Sergipe-1/250.000,DGM/DNPM*.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Farias, F.F.; ZaninI, A., JR., 1987. Reflexos das variações morfodinâmicas praias nas características texturais dos sedimentos da praia de Armação. Salvador, Bahia. *Rev. Bras. Geoc.*, 17:276-282.

- Bittencourt, A.C.S.P., 1992. A questão da predominância ou não de valores negativos de assimetria das distribuições granulométricas para os depósitos da face da praia - Uma polêmica revisitada *Revista Brasileira de Geociências* 22(1):107.
- Barreto, A. M. F.; Lima Filho, M. F.; Alheiros, M.M., 1998. Uso da datação por termoluminescência na Diferenciação de Sedimentos Litorâneos Pleistocênicos e holocênicos no Estado de Pernambuco Congresso Brasileiro de Geologia, 40 Anais..., B. H., SBG – MG. 236p.
- Borba, G.S., 1975. Rochas vulcânicas da faixa costeira sul de Pernambuco: aspectos petrográficos e geoquímicos. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências IG/UFRJ. 134f.
- Branner, J.C., 1904. The stone reefs of Brazil their geological and geographical relations with a chapter on the coralreefs. Vambridge: Museum of Geology. 285p.
- Branner, J. C., 1902. The geology of northeast coast of Brasil. Washington, Geol. Soc. America, Bua., 13:41 – 98.
- Branner, J.C., 1902. The stone reefs of Brasil their geological and Geographical relation, with a chapter on the coral reefs. Cambridge: Museum of Comparative Geology. 285p.
- Brown, J.; Colling, Park, D.; Philips, J.; Rothery, D.; Wright, J., 1991. Waves, tides and shallow-water processes. Oxford: Pergamon Press – Open University, 187p..
- Cailleux, A. & Tricart, J., 1969. Initiation À L'étude Des Sables Et Des Galettes. Paris, C.D.U.
- Carranza-Edwards, A., 1986. Estudio sedimentológico de playas del Estado de Chiapas, México. Universidad Nacional Autónoma del México. Instituto de Ciências del Mar y Limnología. Anais..., 13(1):331-344.
- Carvalho, R.R. & Coutinho, P.N.,1979. Evolução da área da Lagoa Olho D'água – Recife/PE. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 9. Natal. Atas ... Natal, SBG.182-202p.
- Chakrabarti, A., 1997. Polymodal composition of beach sands from the east coast of Índia. *J. Sed. Petrol.*, 37:157-165.
- Chappell, J.,1967. Recognizing fóssil strand-lines from grain-size analysis. *J. Sed. Petrol.*, 37:157-165.
- Campos,H.S., 1976. Estudo das variações isotópicas C13/C12 e O18/O16 em ambientes de formação de rochas de praia na Ilha de Itaparica - Bahia. Tese de Mestrado - Instituto de Geociências - Universidade Federal da Bahia; pp
- Chaudhri, R. S.; Khan, H.M.M.; Kaur, S., 1981. Sedimentology of beach sediments of the West coast of India. *Sedimentology* .,3Q:19-94.

- Chaves, N.S., 1996. Beachrocks do litoral pernambucano: Estudo sedimentológico e análise de isótopos estáveis. Recife. 80p. (Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geociências/UFPE).
- Chaves, N.S., 2000. Mecanismo de cimentação em sedimentos marinhos recentes, exemplo beachrocks do Litoral Pernambucano. Rio Claro. ENESP. 236p (Tese de Doutorado).
- Church, J.A., Godfrey, J.S., Jacket, D. R., & MacDougall, T.J., 1991. A model of sea level rise caused by ocean thermal expansion, *J. Climate*, 4(4):438-456.
- Cobra, R.T.Q., 1960. Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho. Belo Horizonte. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia/UFMG, 70p.
- Correa, I.C.S., 1990. Analyse morphostructurale et evolution paleogeographique de la plateforme continentale Atlantique Sud Bresilienne (Rio Grande do Sul-Brésil). Université de Bordeaux I, France. Tese de Doutorado. Bordeaux-France. 314p.
- Costa, M.P.A, Alves, E.C., Costa, E.A., 1991. Sismo-estratigrafia da porção da bacia oceânica do Brasil adjacente ao platô de Pernambuco e suas relações com o platô e a Bacia Pernambuco-Paraíba. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 2. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geofísica. V.2.650-655p.
- Coutinho, P.N., 1970. Preliminary investigations of the sediments between Cabo Frio and São Sebastião island (Brazil). *Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco*, 9/11:51-66.
- Coutinho, P. N., 1976. Geologia Marinha da plataforma continental. Alagoas – Sergipe. Recife, sad. , 119p ( Tese Docente Livre ).
- Coutinho, P. N & Farias, C.C., 1979. Contribuição á origem dos recifes do Nordeste. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 9, Natal (RN). Atas... Sociedade Brasileira de Geologia. 240p.
- Coutinho, P.N., Manso, V.A.V., Lima Filho M.F., Lima, A.T.O., Medeiros, A.B., Pedrosa, F.J., Martins, M.H.A. , Chaves, N.S., Sampaio, A.S., Lira, A.R.A. , Menezes, M.C.B., & Brito, M.F., 1994. Coastal Quaternary of Pernambuco. Brazil 14th International Sedimentological Congress. Atas..., Recife, Abstracts. D-31.
- Coutinho, P.N.; Lima, A.T.O; Queiroz, C.M.; Freire, G.S.S.; Almeida, L.E.S.B.; Maia, L.P.; Manso, V.A. V.; Borba, A.L. S.; Martins, M.H.A.; & Duarte, R.X., 1997. Estudo da erosão marinha nas praias de Piedade e de Candeias e no estuário de Barra de Jangadas. Município de Jaboatão dos Guararapes-PE. Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha-LGGM/UFPE. Relatório Técnico. 154 p. + 3 mapas em anexo.
- Dantas, J.R.A., 1970. Reconhecimento geológico da folha Recife (SC-25-NO). Recife(PE): DNPM, 35f. (inédito)

- Dantas, J.R.A., 1980. Mapa Geológico do Estado de Pernambuco. Brasília, DNPM, 112p., 2 mapas.
- Darwin, C.H., 1842. On a remarkable bar of sandstone of Pernambuco on the coast of Brasil. J. S.ci. London, london , 19:257 – 261.
- Davis, R.A., 1978. Beach and nearshore zone. In: Davis, R.A. Editor. Coastal sedimentary environments. New York: Springer-Verlag. 420p. 237-286p.
- Dean, R.G., 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. Conference of Eng. Yn. In the Surf Zone. Sydney, Australia, 7p.
- Delibrias, C. & Laborel, J., 1971. Recent variations of the sea level along the Brazilian coast. In: Congress Internacional INQUA, 8. Lex niveaux marins quaternaries, I Holocene. Proceedings. Paris, INQUA.v.XIV. 45-49p.
- Dias, J.M.A., 2004 - Evolução do Conceito de Sedimento Relíquia. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Reliquias.pdf>
- Dillemburg S. R., Roy P. S., Cowell P.J., Tomazelli L.J., 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface Translation-barrier model (STM). Journal Coastal Research, **16**:71-81.
- DNPM. *Mapa Geológico do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro: DNPM, 1983.
- Dominguez. J.M.L., Bittencourt A.C.S.P., Martini L., 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira de Geologia, **11**:227-237
- Domingues, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P. e Martins, L., 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira de Geociências. 13(2).
- Domingues, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P.; Leão, Z.M.S.N.; Azevedo, A.E.G., 1990. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. Ver. Brás. Geociências, 20:35-47;208-215.
- Domingues, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P. & Martins, L., 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast Brazil: roles off sea-leavel history, trade winds and climate. Sedimentary Geology. (80): 213-232.
- Douglas, B. C., Cheney, R. E., Miller, L., Carter, W. E. & Robertson, D. S., 1990. Greenland ice sheet; is it growing or shrinking ? Science, p:248-8-288.
- Douglas, B.C.. 1991. Global sea level rise, J. Geophys. Res.,96(C4):6981-6992.

- Duane, D.B., 1964. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. *J. Sed. Petrol.*, 34:864-874.
- Emery, K. O., 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology Oceanography*, 6: 90-93
- Emery, K.O. & Noakes, L.C., 1968. Economic placer deposits of the continental shelf. Technical Bull. Economic Commission for Asia and Far East, U.N., 1: 95-110. Press, 27
- Fidem, 2001. Carta de Nucleação Norte. Região Metropolitana do Recife. Escala 1:20000.
- Ferreira, Y.A., 1969. Recifes de arenito de Salvador, Bahia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 23. Resumos. Salvador, SBG. V.1. 54p.
- Flemming, N.C., & Webb, C.O., 1986. Tectonic and eustatic coastal changes during the last 10,000 years derived from archeological data, *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-BD.* 62:1-29.
- Fairbridge, R.W., 1962. World sea-level and climatic changes. *Quaternaria*, 6:111-134.
- Franco, A. S. & Mesquita, A. R., 1986. On the practical use of filtered daily values of the mean sea level. *Int. Hydrogr. Res.*, 63(2):133-141.
- Friedman, G.M., 1961. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *J. Sed. Petrol.*, 31:514-529.
- Friedman, G.M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *J. Sed. Petrol.*, 37:327-354.
- Friedman, G.M., 1979. Address of the retiring President of the International Association of Sedimentologists: Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentology.* 26:3-32.
- Folk & Ward, 1957. Brazos River bar: A Study in the Significance of Grain Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol.27, nº1, 3-26p.
- Folk, R.L., 1966. A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, 6:48-54.
- Fox, W.T.; Ladd, J.W.; Martin, M.K., 1966. A profile of the four moment measures perpendicular to a shoreline, South Haven, Michigan. *J. Sed. Petrol.*, 36:1126-1130.
- Gava, A.; Nascimento, D. A.; Vidal; J.L.B.; Ghignone, J.I.; Oliveira, E.P.; Santiago Filho, A.L.; Teixeira, W.; Stanford, W.J.P.; Ribeiro, J.H.M., 1983. Geologia. In: PROJETO RAMBRASIL. Folha SC-24/25. Aracajú/Recife. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e o uso potencial da terra. Rio de Janeiro MME/Secretaria Geral, pp.27-376.
- Guillén, J. & Jimenez, J.A., 1995. Processes behind the longshore variation of the sediment grain size in the Ebro Delta coast. *Journal of Coastal Research*, 11(1): 205-218.
- Hartt, C.F., 1870. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Boston, Fields, Osgood and Co. 620 p.

- Hails, J.R., 1967. Significance of statistical parameters for distinguishing sedimentary environments in New South Wales, Australia. *J. Sed. Petrol.*, 37:1059-1069.
- Hails, J. R. & Hoyt, J.H., 1969. The significance and limitations of statistical parameters for distinguishing ancient and modern sedimentary environments of the lower Georgia coastal plain. *J. Sed. Petrol.*, 39:559-580.
- Heezen, B.C. & Menard, H.W., 1966. Topography of the deep sea floor. In: M.N. Hill (ED), *The Sea*, Intersec. Publ., (3): 233-280.
- Homsí, AA. 1978. Wave climate in some zones off the Brazilian coast. 16<sup>th</sup> Coastal Engineering Conference. Proceeding. ASCE. Hamburgo, Alemanha. 28 de agosto a 1 de setembro.
- Horn Filho N.O. O. 1997. Quaternário Costeiro da Ilha de São Francisco do Sul e arredores, Nordeste do Estado de Santa Catarina-aspectos geológicos, evolutivos e ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Tese de Doutorado, 312p.
- Houghton, J. T.; Jenkins, G. J. & Ephraums, J. J. (Eds.), 1990. *Climatic Change; IPCC Scientific Assessment*, Cambridge U. Press, Cambridge, England.
- Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco – CONDEPE, 1960 Divisão de Recursos Naturais – Segundo grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos – GL<sub>2</sub>
- Johannesen, O.M.; Miranda, IB. E de & Miniissi, I.C., 1967. Preliminary study of seasonal sea level variation along the southern part of Brazilian coast. *Contr. Inst. Oceanogr. USP*, Série Oceanografia Física, (9): 16-29.
- Jost, H. 1972 Estudo sobre análise discriminatória multivariada e sua aplicação a mecanismos deposicionais. *Pesquisas*, 1:37 – 42.
- Kearney, M.S., & Stevenson, J.C., 1991. Island land and marsh vertical accretion rate evidence for historical sea-level changes in Chesapeake Bay, *J. Coastal Res.* 7(2): 403-415.
- Kegel, W., 1955. Geologia do fosfato de Pernambuco. DNPM, Div. Geol. Mineral. Bol. Rio de Janeiro, 157p.
- Kegel, W., 1959. O conglomerado do Cabo. *Arquivos de Geologia, Recife*, 1:25-35.
- Kempf, R. 1970. A plataforma continental da costa leste brasileira, entre o Rio São Francisco e a Ilha de São Sebastião: notas sobre os principais tipos de fundo. *Anais do XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia, Belém. P.A.*, 2:211-234.
- Kennet, J., 1982. *Marine geology*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc. 812p.

- Komar, P.D., 1976. Beach processes and sedimentation. Prentice Hall: Inc: Englewood Cliffs. 429p.
- Krumbein, W.C. & Sloss, L.L., 1963. Estratigrafia y Sedimentacion. Trad. 2<sup>a</sup> Ed., 1969, UTEHA, México: 778p.
- Krumbein, W.C. & Sloss, L.L., 1963. Stratigraphy and sedimentation. 2 ed. San Francisco, Freeman, 660p.
- Kuenen, P.H., 1960. Experimental Abrasion: 4, Eolian Action. Journal of Geology, 68(4):427-449.
- Laborel, J.L – 1965. Note preliminaire sur lês recifes de gres et recifs de coraux dans lê nord-est bresillien. Bulletin 37, n.53, 341-344p.
- Laborel, J.L., 1967. Les peuplements de madreporaires des côtes tropical du Brésil. Thèse ao 1856. Fac. Sci. Marseille. 313p.
- Laborel, J.L, 1969. Les peuplements de madreporaires des côtes tropicales du Brésil. Ann. Univ. d'Abidjan, serie E,II, fasc. 3, 260p.
- Leão, Z.M.A.N. & Machado, A. J. 1989. Variação da cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. Rev. Bras. Geoc., 19(1):87-91.
- Leão, Z.M.A.N., Bittencourt, A.C.S.P., Domínguez, J.M.L., Nolasco, M.C., Martín. L., 1985. The effects of holocene sea level fluctuations on the morphology of Brazilian coral reefs. Revista Brasileira de Geociências, 15(2): 154-157.
- Lessa, G.C. 1998. Significado ambiental dos arenitos de praia do litoral norte da Bahia. Projeto de pesquisa em desenvolvimento no Laboratório de Estudos Costeiros do CPGG/UFBA. (<http://www.pppg.ufba.br/>)
- Lessa G., Angulo R.J., Giannini P.C.F., Araújo A. D., 2000. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. Marine Geology, 165:87-108.
- Lima Filho, M.F.; Pedrosa, F.J. A.; Brito, M.F.L.; Araújo, R.D.; Medeiros, A.B. & Nóbrega, V.A., 1991. Ocorrência da Formação Barreiras na Sub-Bacia Cabo-PE. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 14, Recife-PE. Atas... Recife-PE. SBG-NE: P.323-325.
- Lima Filho, M.F.; Pedrosa, F.J.A.; Medeiros, A. B.; Brito, M. F.L.; Araújo, R.D.; Nóbrega, V.A., 1993. Geologia da Bacia Cabo (PE). In: Simpósio de Bacias Cretácicas, 3, Rio Claro-SP. Boletim... Rio Claro-Sp. UNESP.P.45-46.
- Lima Filho, M.F., 1998. Análise Estratigráfica e estrutural da bacia Pernambuco. Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências, São Paulo, 2-20p.

- Long, L.E.; Sial, A.N; Nekvanil, H.E. & Borba, G.S., 1986. Origin of granit at Cabo de Santo Agostinho-Northeast Brazil, *Contr. Mineral. Petrol.*, 92:341-350.
- Lira, L.G.G.; Manso V.A.V.; Coutinho, P.N.; 2002 Dagnóstico Geo-ambiental para subsidiar o projeto Polo litoral Sul Gaibu – Cabo – Pernambuco Universidade Federal Rural de Pernambuco. Relatório Técnico Científico.
- Mabesoone, J.M. 1964. Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). *Journal Sedimentary Petrology*, 34: 715-726.
- Mabesoone, J.M. 1966. Relief of Northeastern Brasil and its correlated sediments. *Zeitschrift fur Geomorfologic N.F. Bd. 10:4*
- Mabesoone, J.M.; Coutinho. P.N., 1970. Littoral and shallow marine geology of northern and notheastern Brazil. *Trabalhos Oceanográficos, UFPE, vol.12, 1-214p.*
- Mabesoone, J.M. 1978. Panorama geomorfológico do Nordeste brasileiro. *Geomorfologia*, 56:16p.
- Mabesoone, J.M. (Coordenador), 1987. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e do seu embasamento. Recife: UFPE/FINEP/PADCT. Relatório interno. 60f.
- Mabesoone, J.M. & Silva, J.C., 1989. Geomorfologia da faixa sedimentar costeira Pernambuco – Paraíba. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 13, Fortaleza (CE). Atas..., Fortaleza (CE); SBG,,5-9p.
- Mabesoone, J.M.; Campos e Silva, A. & Beurlen, K., 1972. Estratigrafia e Origem do Grupo Barreiras em PE, PB e RN. *RBG/SBG*, São Paulo. 173-188p.
- Maciel, E., 1968. Contribuição a geologia geral de Ipojuca-PE. UFPE, Curso Geol., Relat. Grad., 57p.
- Mclaren, P.1981.An interpretation of trends in grain size measures. *J. Sed. Petrol.*,51:611-624.
- McManus, D.A. 1975 - Modern versus Relict sediments on continental shelf. *Geological Society of AmericaBulletin*, 86:1154-1160.
- Madrugá Filho, J. D. 1999. Estudos Sedimentológicos e Morfodinâmicos na Praia do Paiva, município do Cabo de Santo Agostinho-PE. Dissertação de Mestrado, UFPE. 155p.
- Maida, M. & Ferreira, B. P. 1997. Coral Reefs of Brazil: an overview. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym 1: 263-274.*
- Mason, C.C. & Folk, R. L., 1958. Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis – Mustang Islands. *Journal of Sed. Petrol.*, 28:211-226.
- Manso, V.A.V., Lima Filho, M.F., A.T.O., Medeiros, A.B., Pedrosa, F.J., Martins, M.H.A., Menezes, M.O.B., Chaves, N.S., Kater, K., Coutinho, P.N., Lira, A.R.A. & Oliveira, L.A.,

1992. Macrozoneamento costeiro do litoral de Pernambuco – Folha Itamaracá (SB-25-Y-C-VII). Convênio LGGM-DEMI\_UFPE/CPRH. Relatório Técnico. 45p + 4 mapas em anexo.
- Manso V.A.V.; Coutinho, P.N.; Lima, A.T.O.; Almeida, L.E.S.B.; Medeiros, A.B.; Barbosa, A.L.S.; Lira, A.R.A.; Pedrosa, F.J.A.; Martins, M.H.A.; Chaves, N.S.; Duarte, R.X. & Ivo, P.S., 1995. Estudo de erosão marinha da Praia da Boa Viagem – Relatório Técnico. Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM), UFPE, 65p.
- Manso, V.A.V.; Corrêa, I.C.S. ; Barros, C.E. & Baitelli, R., 1997 Sedimentologia da Plataforma Continental entre Aracaju (SE) e Maceió (AL). In: Anais da Academia Brasileira de Ciências. 69 (4).
- Martin, L.R. 1965. Significance of skewness and Kurtosis in environmental interpretation. *J. Sed. Petrol.*, 35:768-770.
- Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Vilas Boas, G.S.; Flexor, J.M., 1980. Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia: texto explicativo. Salvador, 33p + 2 mapas em anexo.
- Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Villas Boas, G.S.; Flexor, J.M. - Introdução ao estudo do Quaternário do litoral do Estado da Bahia, trecho Salvador-Ilhéus – Páginas 309-320.
- Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Vilas Boas, G.S., 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira – Datação do máximo da Penúltima Transgressão. *Ciências da Terra*, Salvador, mar./abr, 3:16-17.
- Martin, L, 1990. Mapeamento geológico ao longo da costa brasileira. In: Simpósio sobre Quaternário das baixadas litorâneas brasileiras, 2 Rio de Janeiro (RJ). Atas Rio de Janeiro (RJ). P.1-29.
- Maury, C.J.O., 1930. O Cretáceo da Parahyba do Norte. *Serv. Geol. Mineral. Do Brasil*. Rio de Janeiro. Monograph, III:251-266.
- Medeiros, A.B., 1991. Mapeamento geológico de uma área a sudeste da cidade do Cabo-PE. Recife. (Relat. de Grad., Deptº de Geologia/UFPE). 74p.
- Medina, R.; Losada, M.A.; Losada, I.J.; Vidal, C., 1994. Temporal and spatial relationship between sediment grain size and beach profile. *Marine geology*, 118: 195-206.
- Meier, M.F. 1984. The contribution of small glaciers to global sea level, *Science*, 226:1418-1421.

- Meireles, A.J.A. 1998 . Indicadores morfológicos de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas ao longo da planície costeira cearense. 40º Cong. Bras, Geol, Belo Horizonte, 1998, Anais... BH, SBG-MG, pp255.
- Melo, A.A. & Siqueira, L.P., 1972. Levantamento Geológico da Faixa Costeira sul de Pernambuco. Recife, CNEN/EFPE.
- Mesquita, A. R. & Harari, J. 1983. Tides and tides gauges of Cananéia and Ubatuba. *Relt. Inst. Oceanogr., USP*, (11):1-14.
- Mesquita, A. R. ; Franco, A.S.& Harari, J., 1986. On sea level along the Brazilian coast, Part I. *Geophys., J.R. Ast. Soc.*, 87:67-78.
- Moiola.R.J. & Weiser, D., 1968. Textural parameters: an evaluation. *J. Sed.Petrol.*,38:45-53.
- Moraes, L.S., 1928. Estudos Geológicos do Estado de Pernambuco, Bol. Rev. Geol. Min., Brasil., DNPM. Rio de Janeiro. 32:69-70.
- Moreira, I.L., 1989. Impacto ambiental da implantação do Complexo Industrial e Portuário de Suape (PE) sobre as condições sócio-econômicas dos pescadores. Recife, UFPE. Projeto: Avaliação de Impactos Ambientais em Zona Estuarina de Suape. Relatório 1:87-103.
- Moraes, L.S. 1928. Estudos Geológicos do estado de Pernambuco. Boletim serviço Geologia e Mineração. Brasil., DNPM. Rio de Janeiro. 32; 69-70.
- Morais, J.O. 1970. Contribuição ao estudo dos “beach rocks” do nordeste do Brasil. *Trabalhos Oceanográficos, Universidade Federal de Pernambuco*, v.9/11, 79-93p.
- Muehe, D., 1994. Geomorfologia costeira. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S.B. (Organizadores). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. 253-308p.
- Muehe, D., 1996. Geomorfologia costeira. In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (Organizadores). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. 191-238p.
- Muniz, G.C.B.; Almeida, J.A.C.X., 1988. Contribuição ao conhecimento da idade do calcário Ipojuca, Formação Estiva, Bacia do Cabo-PE. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém. Anais... Belém: SBG. 6:2371-2374.
- Neves, B.B.B. 1975. Regionalização geotectônica do precambiano nordestino. São Paulo. Tese Doutorado. USP. IG.198p.
- Neumann, V.H.M.L. 1991. Geomorfologia e sedimentologia quartenária da área de Suape. Pernambuco (Brasil). Recife. 95F. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Geociências/UFPE.

- Nóbrega, V.A., 1995. Características petrológicas e evolução diagenética da Formação Cabo no Graben do Cupe – Bacia Cabo-PE. Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, UFPE/CTG/DGEO. 166p.
- Oliveira, V. 1942. Geologia da Planície do Recife. Contribuição ao seu estudo. Oficinas Gráficas do Jornal do Comércio, Tese de Concurso. Recife-PE, 97p.
- Oliveira, A. I.; Leonardos, O. H., 1943. Geologia do Brasil. 2ª edição Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola do Ministério da Agricultura, (Série didática n. 2). 813p. il.
- Oliveira, M.I.M. 1978. Os recifes de Natal. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Anais, Recife, SBG. V.2. 838-847p.
- Ottman, F.C.; Nóbrega, R.; Coutinho, P.N.; Oliveira, S.P.B., 1959. Estudo Topográfico e Sedimentológico de um Perfil da Praia de Piedade-Recife-Pernambuco, 1(1):19-37.
- Ottmann, F., 1960. Une hypothese sur l'origine des arrecifes du Nordest brésilien. Comptes Rendus Somaires des Seances de la Societé geologique. France. 175-176p.
- Ottmann, F.; Okuda, T.; Cavalcanti, L.; Silva, O.C.; Araújo, J.V.A.; Coelho, P.A.; Paranaguá, M.N. & Eskinazi, E., 1965. Estudo da Barra das Jangadas. Parte V. Efeitos da poluição sobre a ecologia do estuário. Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. Pe. 7/8: 7-16.
- Ottmann, F., 1965. Introduction a la géologie marine et littorale. Masson et Cie. Ed. Paris, 252p.
- Peltier, W.R. 1988. Lithospheric thickness, Antartic deglaciation history, and ocean basin discretization effects in a global model of postglacial sea level change: A summary of some sources of nonuniqueness. Quaternary Research, 29:93-112.
- Peltier, W.R. & Tushingham, A. M., 1989. Global sea level rise and ocean basin discretization effect: might they be connected? Science 244(4906): 806-810.
- Peres, J.M. & Picard, J., 1964. Nouveau Manuel de bionomie benthique de la Mediterranée. Rev. Trav. Sta. Mar. Endoume, Bull., 31(47); 5-137.
- Pettijohn, F. J., 1957. Sedimentary Rocks, 2ª ed., New York, Harper and Brothers.
- Pethick, J., 1984. An Introduction to Coastal Geomorphology, London.
- Ponçano, W. L.; Gimenez, A. F. & Fulfaro, V.J. 1976. Sedimentologia atual na Baía de Sepitiba, estado do Rio de Janeiro. Contribuição à avaliação de viabilidade geotécnica da implantação de um porto. In: 1º Congresso Brasileiro de Engenharia, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro, RJ. v. 2. 111-139p.
- Ponçano, W.L., 1986. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. Revista Brasileira de Geociências. 16:(2):157-170.

- Pyökäri, 1999. Beach Sediments of Crete: Texture, Composition, roundness, Source and Transport, *Journal of Coast Research*. 15(2): 537-553
- Ponzi, V.R.A. 1995. Métodos de Análises Sedimentológicas de Amostras Marinhas. Resultados através de gráficos e mapas. Universidade Federal Fluminense. Instituto de geociências. 36p. + anexos.
- Rand, H.M., 1967. Estudo geofísicos na faixa sedimentar costeira Recife. João Pessoa. Bol. Soc. Bras. Geol. 16, vol.1, 87-97 p.
- Rand H.M., 1976. Estudos geofísicos na faixa litorânea sul de Recife. Recife, UFPE. 112f. Tese de Livre Docência. CT-Depto de Engenharia de Minas/UFPE.
- Reading, H.G. & Collison, J.D., 1996. Clastic coasts. In: Reading, H.G. (Editor). *Sedimentary and stratigraphy*. 3ª edição. Oxford: Blackwell Science, 154-231p.
- Rebouças, A.C. 1965/1966. Sedimentos da Baía de Tamandaré, Pernambuco. Trb. Inst. Oceanográfico. Univ. Federal de Pernambuco. 718:187-206.
- Reineck, H.E. & Singh, J.B., 1975. Depositional sedimentary environments. Berlin: Springer-Verlag. New York 439p.
- Reis, M.R. 1988. Níveis de estabilização do mar durante a transgressão holocênica sobre a plataforma continental de Santa Catarina: evidências morfológicas. In: Anais 40 Cong. Bras. Geol., Belo Horizonte (MG), SBG, 85p.
- Roy, P.S., Cowell P.J., Ferland M.A., Thom B.G., 1994. Wave-dominated coasts. In: Carter, R.W.G. & Woodroffe, C.D., (ed). *Coastal evolution*, Cabridge University Press. 12-186.
- Russell, R.J.- 1962. Origin of beach rocks. In: *Zeit. Geomorphology.*, v.6, 1-16p.
- Sagga, A.M.S. 1992. The use of the textural parameters of sand in studying the characteristics and depositional processes of coastal sediments south of Jeddah. Saudi Arabia. Marine Geology, 104:179-186.
- Sahu, B.K. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sed. Petrol.*, 34:73-83.
- Sestini, G. 1967. Textural characters of Salvador beach sands. *Boi. UFPR*, 8:15p.
- Shennam, I., & Woodworth, P.L., 1992. A comparison of late Holocene and twentieth-century sea-level trends from the UK and North Sea region, *Geophys. J. In.*, 109(1):96-105.
- Shepard, F.P. 1954. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 34:73-83.
- Shepard, F.P. & Young, R., 1961. Distinguishing between beach and dune sands. *J.Sed.Petrol.*, 31:196-214.

- Shepard, F. P., 1973. *Submarine Geology*, Harper & Row. New York, 517 p.
- Silva, R. R., 1959. Estudo mineralógico de areias do litoral de Pernambuco. Secretária de Agricultura, Indústria e Comércio – Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, publicação nº7, 120 p.
- Solohub, J.T. & Klován, J.E. 1970. Evaluation of grain-size parameters on Lacustrine environments. *J.Sed.Petrol.*, 40:81-101.
- Sudene, 1973. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, v.1, 359p. (1mapa).
- Sudene, 1978. Inventário Hidrogeológico básico do Nordeste: Folha nº21, Recife – NO. Recife, 183p.
- Suguió, K., Barreto, A. M. F., Bezerra, F. H. R., Oliveira, P. E., 2004. Variação do nível relativo do mar no Holoceno em Pernambuco e Paraíba in Congresso Brasileiro de Geologia XLII Araxá, BH.
- Suguió, K., 1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 318p.
- Suguió, K., & Martins, L. 1976. Presença de tubos fósseis de Calianassa nas formações quaternárias do litoral paulista e sua utilização na reconstrução paleoambiental. *Boletim IG – USP*, 7:17-26.
- Suguió K. & Martins L., 1976a . Brazilian Coastline quaternary formations The States of São Paulo and Bahia litoral zone evolutive schemes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48 (suplemento): 325-334.
- Suguió K. & Martins L., 1976b. Mecanismos de gênese das planícies sedimentares quaternárias do litoral do Estado de São Paulo. In: SBG/Congresso Brasileiro de Geologia, 29. Ouro Preto. *Anais*, 1:295-305
- Suguió K. & Martins L., 1978. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: USP/SBG, International Simpposyum on Coastal Evolution in the Quaternary. São Paulo, Special publication, 1:1-55
- SUGUIÓ, K., 1980. Rochas sedimentares. Propriedades - gênese-importância econômica. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 500p.
- Suguió, K., 1980. Rochas sedimentares. Propriedades - gênese-importância econômica. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 500p.
- Suguió K. 1992. *Dicionário de Geologia Marinha*. Queiroz T.A. Ed. São Paulo.

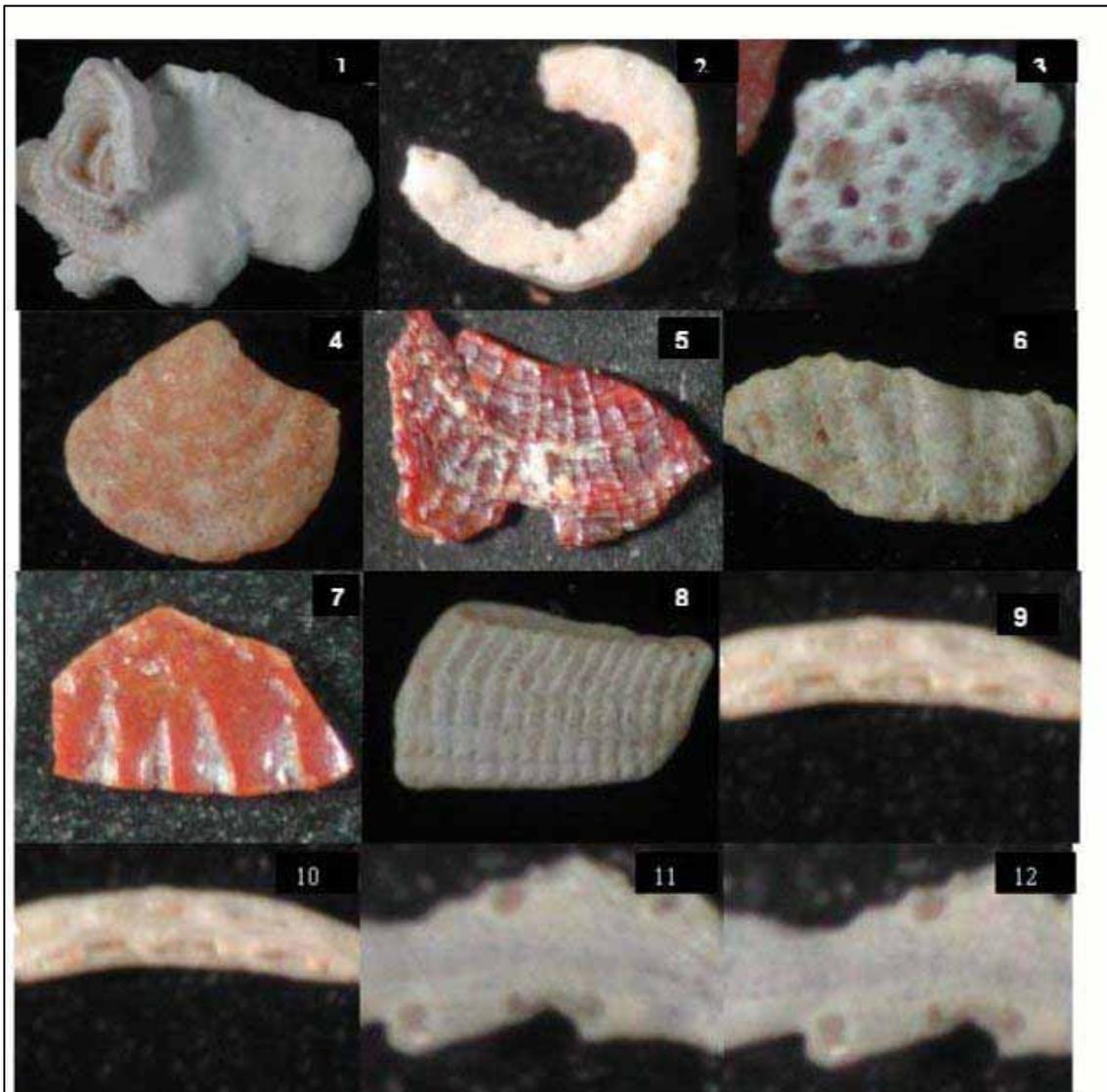
- Suguió K.; Martins, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J.M. & Azevedo, A.E.G., 1985. Flutuações do nível do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Bras. Geociências*, 15(4):273-286.
- Suguió K. & Martins L., 1987. Classificação de cotas e Evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. In: Academia de Ciências do Estado de São Paulo/Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira, 1, Anais, 2: 1-28.
- Suguió K. & Martins L., Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L., Flexor J.M., Azevedo A.E.G., 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15:273-286.
- Toldo Jr., E.E., 1998. Sedimentologia 1, Inst. Geociências, Depto. De Mineralogia e Petrologia, UFRS, 20-24p.
- Toldo Jr., E.E. & Dornelles, C.E., 1991. Programa de Análise Completa (PANCOM). Sistema de Análise Granulométrica (ECD). Pesquisas. Instituto de Geociências/UFRGS.
- Tricart, J., 1959. Problèmes geomorphologiques du litoral oriental du Brésil. *Cahiers Oceanogr.*, 11:276-308.
- Trupin, A. & Wahr., 1990. Spectroscopic analysis of global tide gauge sea level data, *Geophys. J. In.*, 100:441-453.
- Tucker, M. E. 1991. *Sedimentary petrology*. Blackwell Science 260p
- Turcato, M. J 2000. Estudo sedimentológico da Plataforma Continental Interna, caso específico: proximidades da Ilha Grande – RJ.,. Dissertação de Mestrado – UFRG 157 p.
- Urien, C. M.; Martins, L. R. & Martins, I. R., 1992. Pesquisas Série de Mapas/Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – N. 15.
- Van Andel, T.J.H & Laborel, J.L., 1964. Recent high sea level stand near Recife, Brasil. *Science*, 145:580-581.
- Van der Veen, C.J. 1993. Interpretation of short-term ice-sheet elevation changes inferred from satellite altimetry, *Climatic Change* 23:383-405.
- Vandoros, P. Cordani, U.; Matzko, J.J., 1966. Idades absolutas das rochas ígneas da região do Cabo, Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 20, 1966, Vitória. Resumo dos Trabalhos. Vitória: SBG. Publicação 1:64-66.
- Vandoros, P. & Valarelli, J.V., 1976. Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho-PE. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto (MG). Resumo dos Trabalhos. Ouro Preto (MG); SBG 19p.

- Villwock, J.A., Dehnhardt E.A, Loss E.L., Soliani Jr. E., Tomazelli L.J. Godolphim M.F., Koppe J.C., Horn F° N.º, Bachi F.A., Dehnhardt B.A., 1984. Atlas geológico da província costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceania (CECO) Divisão de Geologia Costeira. 9 pranchas.
- Villwock, J.A, & Martin, L., 1972. Depósitos lamíticos de Pós-praia. Casino – RS . Pesquisas. 1 p. 69-85.
- Villwock, J.A., Tomazelli L.J., Loss E.L., Dehnhardt E.A., Horn F° N.O., Bachi F.A., Dehnhardt B.A., 1986. Geology of Rio Grande coastal province. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 4:79-97.
- Wright ( tese de Valdir)
- Woodworth, P.L. 1990. A search for accelerations in records of European mean sea level, *International J. Climatology*, 10:129-143.
- Zwally, H.J., Brenner, A. C., Major, A. J. Bindschadler, R.A. & J.G. Marsh., 1989. Growth of Greenland ice sheet; measurement, *Science*, 246:1587-1589.
- Wright, L.D.; Chappell, L.; Thom, B.G.;; Bradshaw, M.P. & Cowell., P., 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Marine Geology*, 32:105-140.
- Wright, L.D. & Short, A.D., 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, Amsterdam, 56:93-118.
- Wright, L.D., Short, A.D Green, M.O., 1985 short term changes in the morphodynamic state of beaches and surf zones: an empirical predictive model. *Marine Geology* 62:339-3.

# **ANEXOS**

## **(1)**

## PRANCHA 1



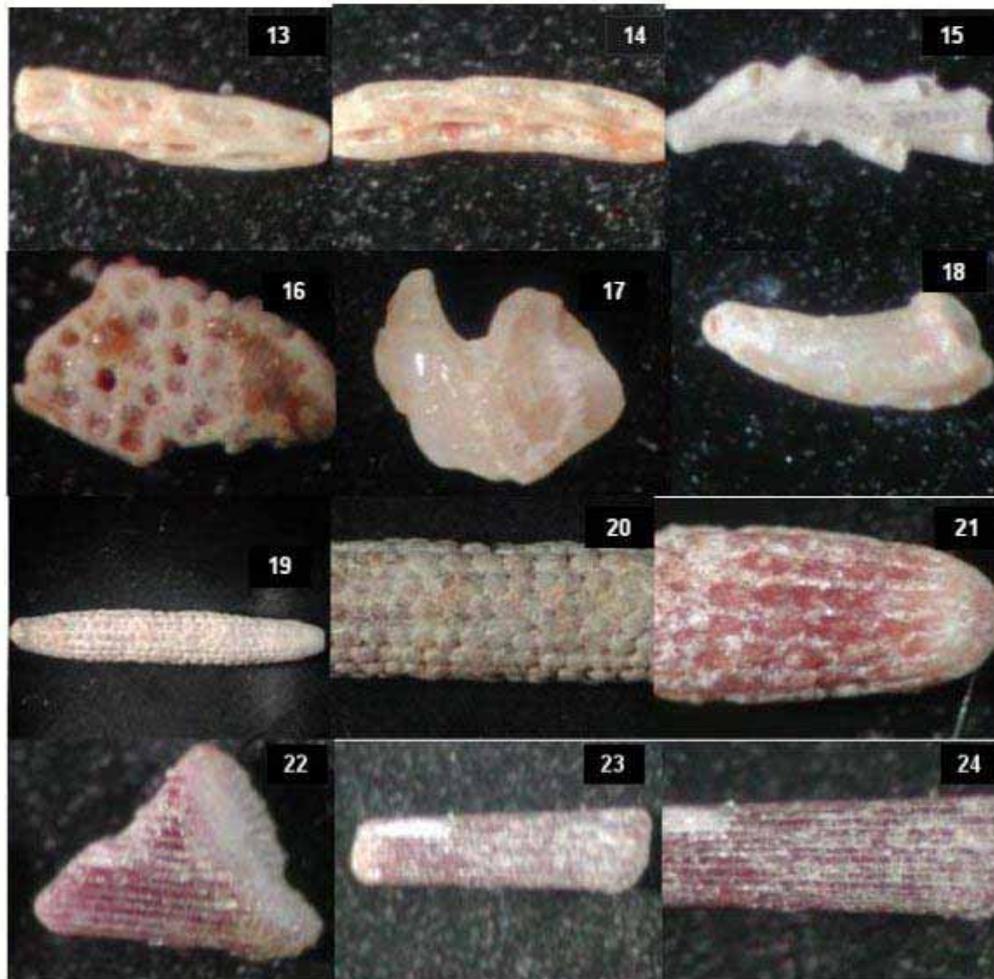
## LEGENDA

1 – *Annelida Serpula*, 2 – *Annelida Serpula*, 3 – *Autozoa*, 4 – *Bivalvia Crassatellidae*  
*Crassinella*, 5 – *Bivalvia Spondylidae*, 6 – *Bivalvia*, 7 – *Bivalvia*, 8 – *Bivalvia Veneridae*,  
 9 – *Bryozoa* 1, 9 – *Bryozoa* 2, 10 – *Bryozoa* 3, 11 – *Bryozoa* 4, 12 – *Bryozoa* 5.

0                      0,250                      0,5mm

ESCALA GRÁFICA

## PRANCHA 2



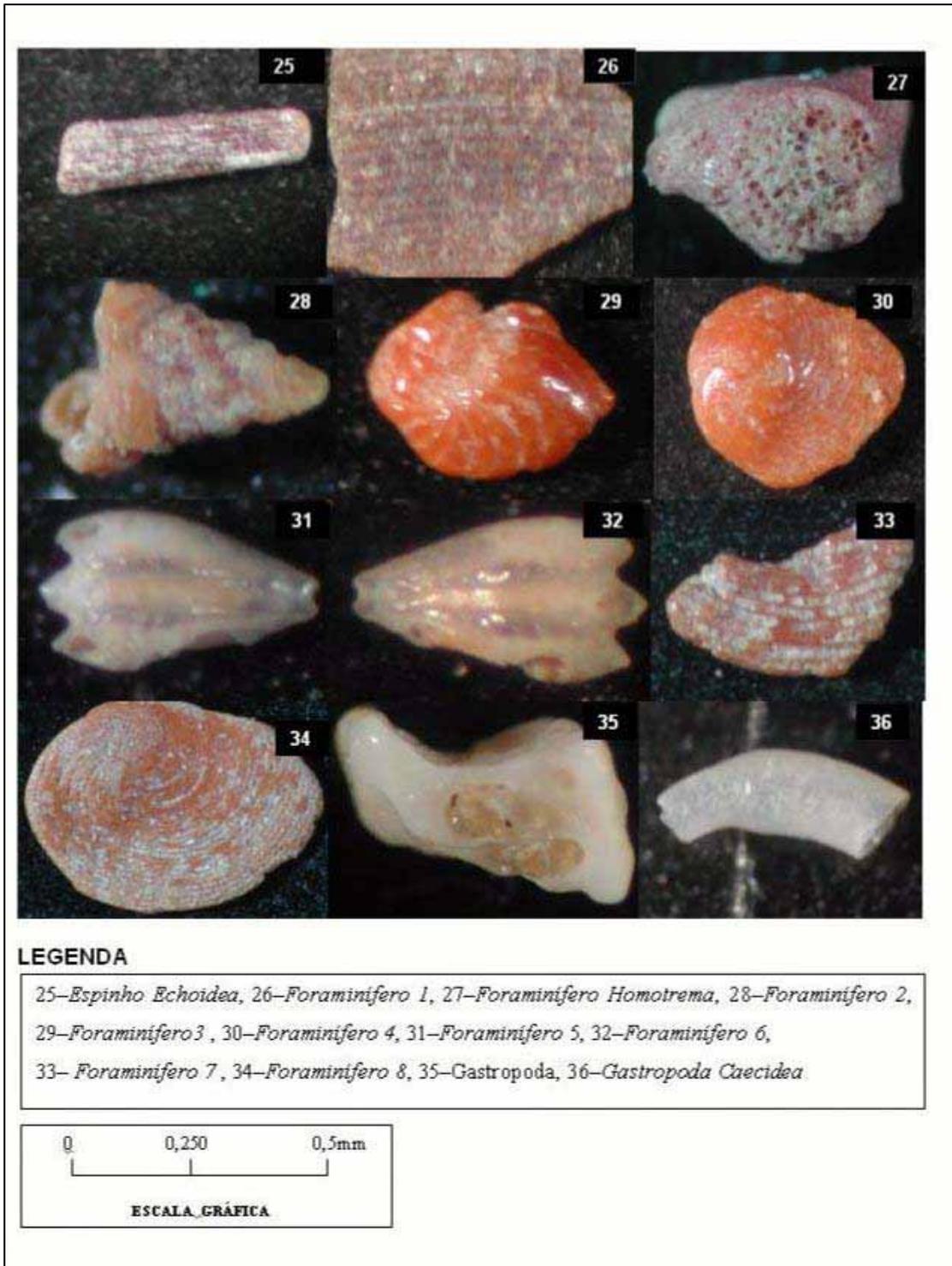
## LEGENDA

13–*Bryozoa Zoécio*-2, 14–*Bryozoa Zoécio*-3, 15–*Bryozoa Zoécio*-4, 16–*Cnidária Antozoa*, 17–*Crustacea Cirripedia* (Craca), 18–*Crustacea Eucaridea* (Pleocyematha), 19 – *Echinoidea* 1, 20–*Echinoidea* 2, 21– *Echinoidea* 3, 22– *Echinoidea* 4, , 23–*Espinho de Echinoidea*, 24–*Espinho de Echinoidea*,,

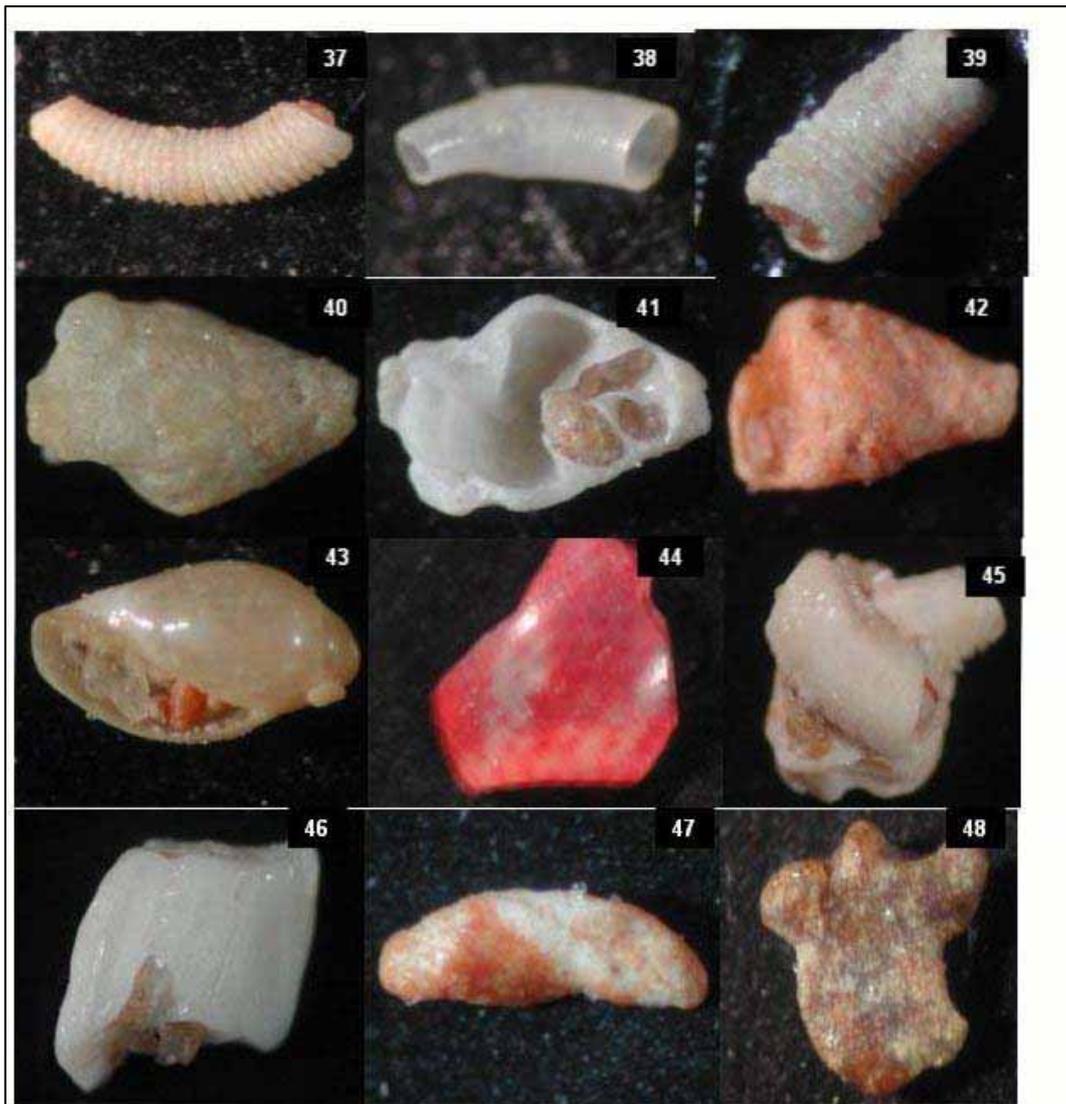
0 0,250 0,5mm

ESCALA GRÁFICA

## PRANCHA 3



## PRANCHA 4



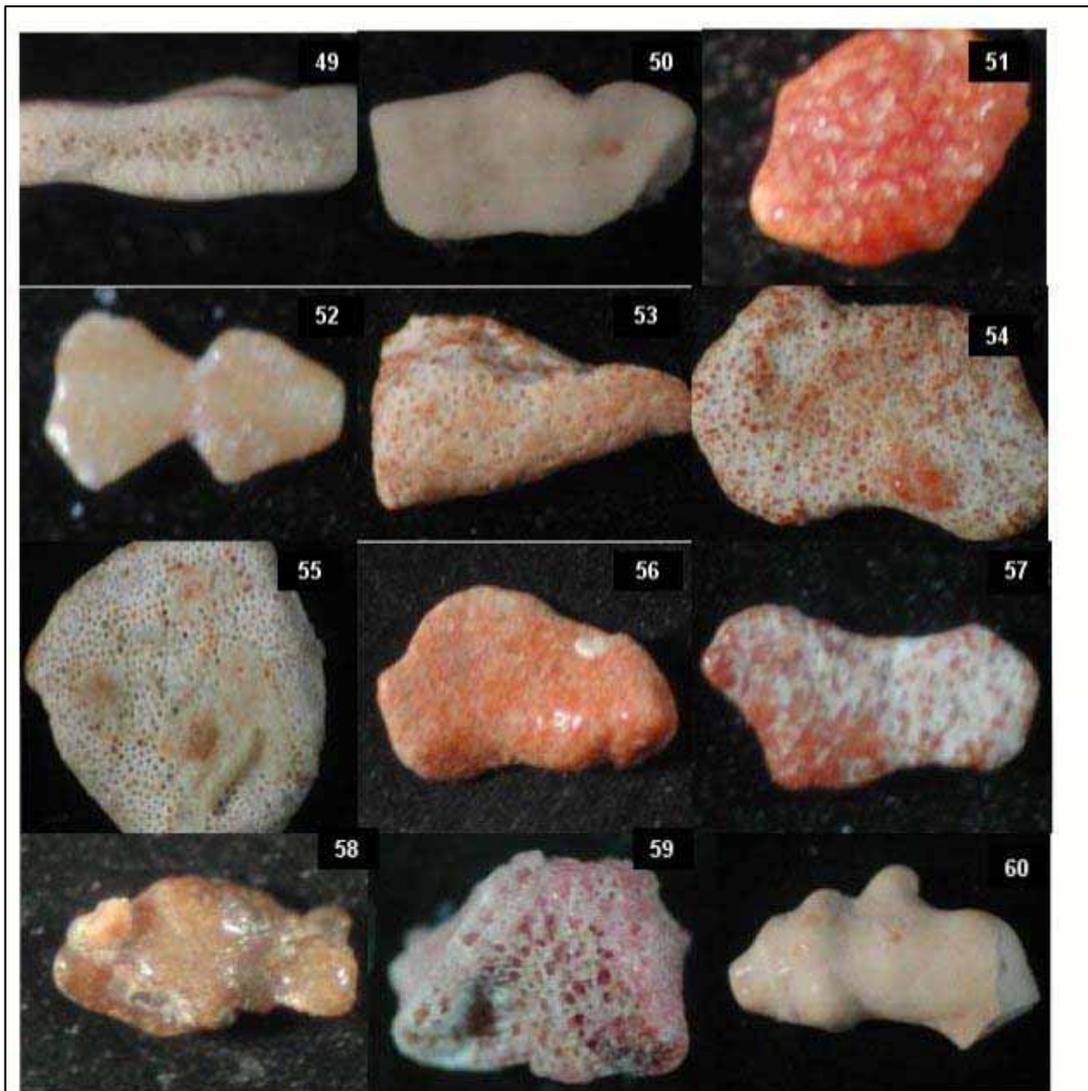
## LEGENDA

37–*Gastropoda Caecida Caecum Pulchellum*, 38–*Gastropoda Caecidae Caecum*, 39–*Gastropoda Caecum*, 40–*Gastropoda Collumbellidae 1*, 41– *Gastropoda Collumbellidae 2*, 42–*Gastropoda Pinella Dubia*, 43–*Gastropoda Marginelidae*, 44–*Gastropoda Phasianellidae*, 46– *Gastropoda*, 47– *Halimeda 1*, 48–*Halimeda 2*.

0 0,250 0,5mm

ESCALA GRÁFICA

## PRANCHA 5



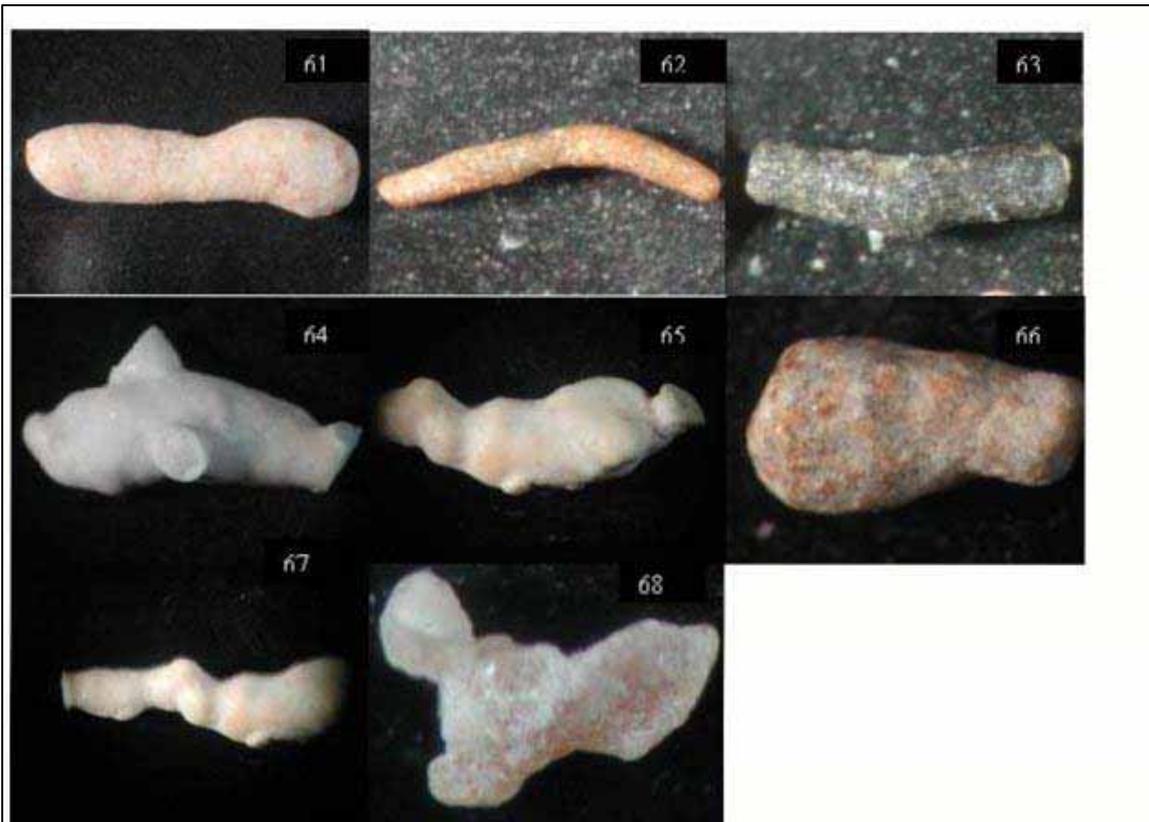
## LEGENDA

49–*Halimeda* 1, 50–*Halimeda* 2, 51–*Halimeda* 3, 52–*Halimeda* 4, 53–*Halimeda* 5, 54–*Halimeda* 6, 55–*Halimeda* 7, 56–*Halimeda* 8, 57–*Halimeda* 9, 58–*Halimeda* 10, 59–*Homotrema*, 60–*Lithothamnium*.

0 0,250 0,5mm

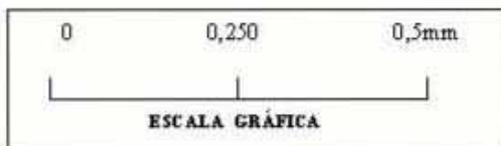
ESCALA GRÁFICA

## PRANCHA 6



## LEGENDA

61–*Litothamnium* 1, 62–*Litothamnium* 2, 63–*Litothamnium* 3, 64–*Litothamnium* 4,  
 65–*Litothamnium* 5, 66–*Litothamnium* 6, 67–*Litothamnium* 7, 68–*Litothamnium* 8,  
 68–*Litothamnium* 9.



# **ANEXOS**

## **(2)**

Tabela 1- Valores da distribuição granulométricas e das fácies texturais da área estudada, segundo Shepard (1954).

<i>Amostra</i>	<i>Latitude (UTM)</i>	<i>Longitude (UTM)</i>	<i>Casc.%</i>	<i>Areia%</i>	<i>Lama%</i>	<i>Fácies texturais</i>
P <sub>1</sub> – 535	9077607	286033	4.15	94.51	1.34	Areia
P <sub>1</sub> – 91	9077689	280480	0.07	98.91	1.02	Areia
P <sub>1</sub> – 220	9077722	286934	0.03	98.99	0.98	Areia
P <sub>1</sub> – 46	9077713	287543	0.24	98.78	0.98	Areia
P <sub>1</sub> – 401	9077706	288118	7.52	91.55	0.93	Areia
P <sub>2</sub> – 249	9078301	288227	0.60	98.45	0.95	Areia
P <sub>2</sub> – 196	9078322	287989	0.16	98.77	1.07	Areia
P <sub>2</sub> – 157	9078228	287676	0.79	98.46	0.75	Areia
P <sub>2</sub> – 215	9078266	287210	0.02	99.19	0.79	Areia
P <sub>2</sub> – 127	9078246	286637	0.05	98.81	1.14	Areia
P <sub>2</sub> – 226	9078214	285634	0.25	99.03	0.72	Areia
P <sub>3</sub> – 588	9079053	285747	0.50	99.11	0.38	Areia
P <sub>3</sub> – 77	9079035	286188	0.41	97.41	0.65	Areia
P <sub>3</sub> – 47	9078970	286703	0.00	94.42	5.58	Areia
P <sub>3</sub> – 240	9078883	287270	0.04	98.44	1.52	Areia
P <sub>3</sub> – 43	9078597	287948	0.20	98.86	0.94	Areia
P <sub>3</sub> – 121	9078704	288641	0.75	98.45	0.80	Areia
P <sub>3</sub> – 211	9078894	289167	2.87	96.51	0.62	Areia
P <sub>3</sub> – 471	9079011	289529	3.84	95.25	0.91	Areia
P <sub>4</sub> – 49	9080466	289917	0.21	99.11	0.68	Areia
P <sub>4</sub> – 402	9080659	289591	0.30	98.98	0.72	Areia
P <sub>4</sub> – 477	9080865	289145	3.81	95.52	0.67	Areia
P <sub>4</sub> – 219	9081023	288836	15.33	84.22	0.45	Areia
P <sub>4</sub> – 225	9081185	288323	8.25	91.50	0.25	Areia
P <sub>4</sub> – 200	9081322	287753	0.33	98.72	0.95	Areia
P <sub>4</sub> – 248	9081477	287044	0.36	98.70	0.94	Areia
P <sub>4</sub> – 50	9081621	286789	0.51	97.75	1.74	Areia
P <sub>5</sub> – 140	9083029	286066	0.02	99.14	0.84	Areia
P <sub>5</sub> – 250	9082943	286422	0.03	98.95	1.02	Areia
P <sub>5</sub> – 139	9082288	286354	0.90	98.20	0.90	Areia
P <sub>5</sub> – 583	9082210	286750	5.63	93.55	0.82	Areia
P <sub>5</sub> – 40	9082192	287068	0.14	97.94	0.65	Areia
P <sub>5</sub> – 34	9082214	287339	0.43	94.91	4.66	Areia
P <sub>5</sub> – 241	9082250	287627	0.16	99.13	0.71	Areia
P <sub>5</sub> – 317	9082307	288028	1.88	96.45	1.67	Areia
P <sub>5</sub> – 244	9082445	288433	4.65	94.28	1.07	Areia
P <sub>6</sub> – 228	9084060	288744	0.00	87.92	12.08	Areia
P <sub>6</sub> – 572	9084396	288218	27.55	69.69	2.76	Areia cascalhosa
P <sub>6</sub> – 599	9084496	287970	11.71	87.09	1.2	Areia
P <sub>6</sub> – 476	9084675	287557	1.56	97.47	0.98	Areia
P <sub>6</sub> – 195	9084849	287162	0.03	99.10	0.87	Areia
P <sub>6</sub> – 261	9084934	286888	0.16	98.11	1.73	Areia
P <sub>6</sub> – 475	9084980	286604	0.04	99,07	0.89	Areia
P <sub>6</sub> – 214	9084990	286343	0.02	99.04	0.94	Areia
P <sub>7</sub> – 247	9086742	286512	0.08	93.85	6.08	Areia
P <sub>7</sub> – 472	9086684	286737	0.41	95.21	4.38	Areia
P <sub>7</sub> – 245	9086625	287040	0.16	97.81	2.03	Areia
P <sub>7</sub> – 479	9086786	287337	0.57	97.73	1.70	Areia
P <sub>7</sub> – 478	9086840	287624	0.39	98.01	1.60	Areia
P <sub>7</sub> – 610	9086798	287920	7.84	90.25	1.92	Areia
P <sub>7</sub> – 79	9086687	288201	8.82	88.16	3.02	Areia
P <sub>7</sub> – 213	9086642	288538	9.79	88.77	1.44	Areia
P <sub>7</sub> – 212	9086682	288806	5.32	9.56	3.12	Areia
P <sub>8</sub> – 217	9087521	289279	38.21	61.49	0.30	Areia
P <sub>8</sub> – 246	9088026	288702	1.24	97.90	0.86	Areia
P <sub>9</sub> – 216	9089232	289747	4.49	95.26	0.25	Areia
P <sub>9</sub> – 218	9089223	289875	2.08	96.94	0.97	Areia
P <sub>9</sub> – 473	9089115	290023	5.42	93.57	1.02	Areia
P <sub>9</sub> – 606	9089148	290586	3.37	95.56	1.07	Areia
P <sub>10</sub> – 52	9079982	285778	0.02	99.13	0.85	Areia

Tabela 1- Valores da distribuição granulométricas e das fácies texturais da área estudada, segundo Shepard (1954).( Continuação )

Amostra	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Casc.%	Areia%	Lama%	Fácies texturais
P <sub>N9</sub> - 204	9088815	288387	1,19	31,99	66,82	Lama Arenosa
P <sub>N10</sub> - 209	9090995	290618	2,03	64,17	33,8	Areia Lamosa
P <sub>N10</sub> - 210	9090995	290618	0,28	62,46	37,20	Areia Lamosa
P <sub>11</sub> - 202	9091036	291398	0,00	34,23	65,76	Lama Arenosa
P <sub>11</sub> - 205	9089059	289488	3,92	95,24	0,84	Areia
P <sub>N5</sub> - 324	9083692	286864	0,19	98,94	0,87	Areia
P <sub>N3</sub> - 330	9080646	286733	0,00	98,76	1,24	Areia
P <sub>N5</sub> - 321°	9085630	286834	0,33	98,24	1,43	Areia
P <sub>N6</sub> - 322	9084918	287321	0,19	91,66	8,15	Areia
P <sub>N6</sub> - 208	9085630	286241	0,26	98,64	1,1	Areia
P <sub>N5</sub> - 325	9083608	286020	0,04	98,40	1,56	Areia
P <sub>11</sub> - 206	9090515	289523	2,80	96,14	1,06	Areia
P <sub>11</sub> - 321	9085630	286834	0,26	98,71	1,03	Areia
P <sub>N5</sub> - 323	9083704	287621	0,19	98,89	0,92	Areia
P <sub>11</sub> - 201	9089514	291179	14,25	85,26	0,49	Areia

Tabela 2 - Valores dos parâmetros estatísticos, segundo Folk & Ward (1957) e do parâmetro “Y”, segundo Sahu (1964) para os sedimentos da plataforma continental interna entre as praias do Paiva e Gaibu. M = marinho raso agitado, F = fluvial.

AMOSTRA	LAT.(UTM)	LON.UTM	Ski	Kg	PHI 50	$\sigma^2$	Y	Interpretação
P <sub>1</sub> – 535	9077607	286033	-0,15	3,57	1,24	0,9	-6,782392	M
P <sub>1</sub> – 91	9077689	280480	2,37	0,7	1,28	0,38	-14,558928	F
P <sub>1</sub> – 220	9077722	286934	-0,29	2,37	1,19	0,34	-1,210524	M
P <sub>1</sub> – 46	9077713	287543	0,24	0,87	0,37	0,4	-4,56962	M
P <sub>1</sub> – 401	9077706	288118	-0,01	1,1	0,29	0,68	-5,821028	M
P <sub>2</sub> – 249	9078301	288227	0,36	1,2	0,31	0,56	-6,574308	M
P <sub>2</sub> – 196	9078322	287989	0,25	1,05	0,46	0,56	-5,993832	M
P <sub>2</sub> – 157	9078228	287676	0,33	1,12	0,39	0,6	-5,75542	M
P <sub>2</sub> – 215	9078266	287210	-0,46	0,37	1,09	0,26	0,2857	M
P <sub>2</sub> – 127	9078246	286637	0,27	2,49	1,26	0,36	-4,105704	M
P <sub>2</sub> – 226	9078214	285634	-0,01	2,65	1,23	0,19	-1,254144	M
P <sub>3</sub> – 588	9079053	285747	0,01	2,65	1,26	0,2	-1,431064	M
P <sub>3</sub> – 77	9079035	286188	0,13	2,98	1,26	0,77	-6,410352	M
P <sub>3</sub> – 47	9078970	286703	0,48	4,32	1,26	0,72	-8,279784	F
P <sub>3</sub> – 240	9078883	287270	-0,22	0,9	1,13	0,39	-2,014088	M
P <sub>3</sub> – 43	9078597	287948	0,3	0,98	0,48	0,49	-5,61986	M
P <sub>3</sub> – 121	9078704	288641	0,27	0,91	0,34	0,39	-4,63922	M
P <sub>3</sub> – 211	9078894	289167	0,006	2,41	0,25	0,6	-5,2046616	M
P <sub>3</sub> – 471	9079011	289529	0,36	1,32	0,3	0,6	-6,927096	M
P <sub>4</sub> – 49	9080466	289917	0,4	1,2	0,33	0,54	-6,58914	M
P <sub>4</sub> – 402	9080659	289591	0,36	1,14	0,37	0,6	-6,907852	M
P <sub>4</sub> – 477	9080865	289145	0,25	1	0,33	0,43	-4,892256	M
P <sub>4</sub> – 219	9081023	288836	-0,06	0,6	0,19	0,92	-7,709364	F
P <sub>4</sub> – 225	9081185	288323	-0,32	2,73	0,24	0,42	-2,034048	M
P <sub>4</sub> – 200	9081322	287753	-0,19	0,81	1,03	0,37	-2,014568	M
P <sub>4</sub> – 248	9081477	287044	-0,25	2,31	1,21	0,39	-1,838824	M
P <sub>4</sub> – 50	9081621	286789	-0,21	0,91	1,13	0,42	-2,325796	M
P <sub>5</sub> – 140	9083029	286066	-0,25	2,52	1,23	0,34	-1,39426	M
P <sub>5</sub> – 250	9082943	286422	-0,25	0,94	1,16	0,39	-1,858564	M
P <sub>5</sub> – 139	9082288	286354	-0,29	2,43	1,19	0,34	-1,210284	M
P <sub>5</sub> – 583	9082210	286750	0,22	1,13	0,42	0,64	-6,5600024	M
P <sub>5</sub> – 40	9082192	287068	-0,004	2,29	1,23	0,59	-4,7891072	M
P <sub>5</sub> – 34	9082214	287339	0,12	1,31	1,18	0,86	-7,779402	F
P <sub>5</sub> – 241	9082250	287627	-0,15	0,84	1,03	0,39	-2,38546	M
P <sub>5</sub> – 317	9082307	288028	0,42	1,13	0,34	0,47	-5,198332	M
P <sub>5</sub> – 244	9082445	288433	0,14	0,78	0,21	1,02	-9,529564	F
P <sub>6</sub> – 228	9084060	288744	0,27	1,39	1,04	1,56	-14,8522	F
P <sub>6</sub> – 572	9084396	288218	0,61	1,23	0,62	1,74	-18,046204	F
P <sub>6</sub> – 599	9084496	287970	-0,1	0,9	0,003	0,53	-4,1492364	M
P <sub>6</sub> – 476	9084675	287557	0,01	0,58	1,23	0,75	-11,100384	F
P <sub>6</sub> – 195	9084849	287162	-0,13	0,87	1,05	0,43	-2,857916	M
P <sub>6</sub> – 261	9084934	286888	0,02	0,93	1,23	0,7	-5,875628	M
P <sub>6</sub> – 475	9084980	286604	-0,21	0,92	1,16	0,42	-2,317284	M

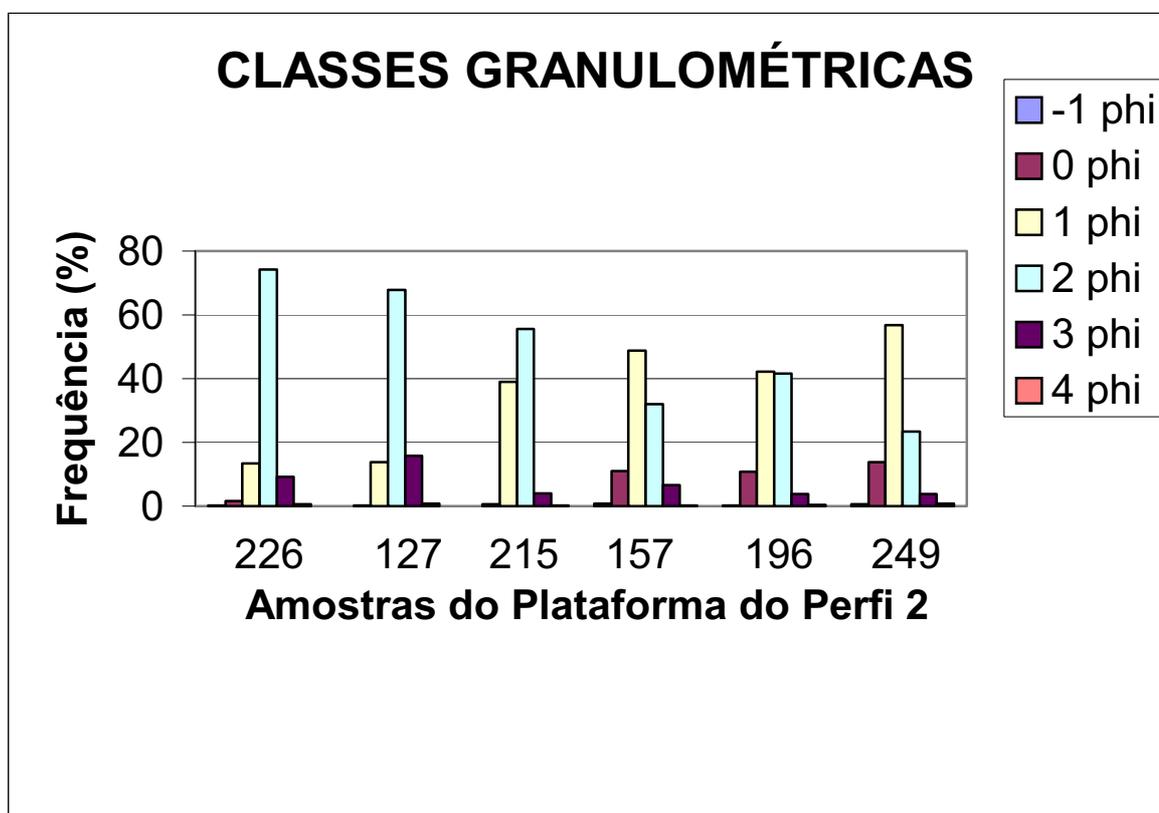
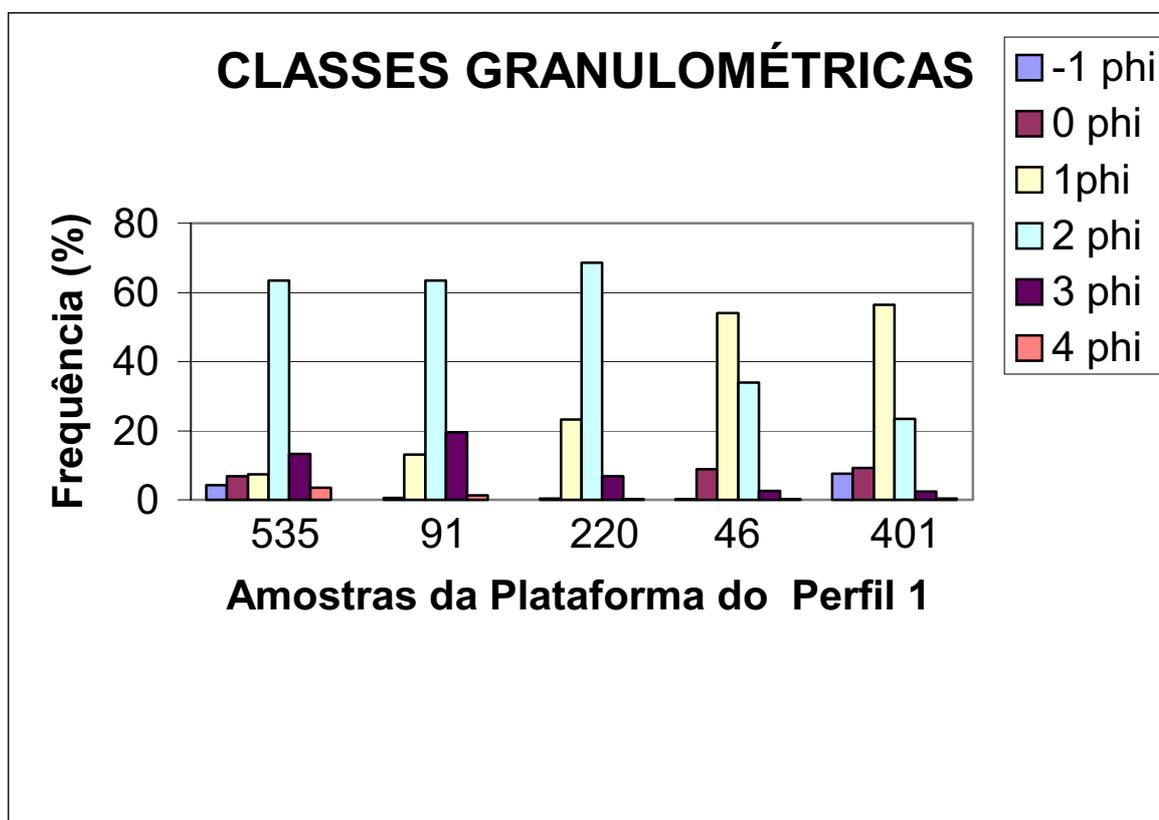
Tabela 2 - Valores dos parâmetros estatísticos, segundo Folk & Ward (1957) e do parâmetro “Y”, segundo Sahu (1964) para os sedimentos da plataforma continental interna entre as praias do Paiva e Gaibu. M = marinho raso agitado, F= fluvial.

AMOSTRA	LAT.(UTM)	LON.UTM	Ski	Kg	PHI 50	$\sigma^2$	Y	Interpretação
P <sub>6</sub> - 214	9084990	286343	-0,27	2,4	1,2	0,36	-1,48074	M
P <sub>7</sub> - 247	9086742	286512	0,25	1,44	1,17	1,25	-11,835076	F
P <sub>7</sub> - 472	9086684	286737	0,14	1,26	1,15	0,9	-8,236388	F
P <sub>7</sub> - 245	9086625	287040	0,59	0,89	0,44	0,47	-6,875328	M
P <sub>7</sub> - 479	9086786	287337	0,65	0,99	0,34	0,4	-6,583812	M
P <sub>7</sub> - 478	9086840	287624	0,65	2,66	0,32	0,37	-6,320024	M
P <sub>7</sub> - 610	9086798	287920	0,11	0,76	0,21	1,04	-9,586136	F
P <sub>7</sub> - 79	9086687	288201	0,12	0,79	0,19	1,08	-9,991068	F
P <sub>7</sub> - 213	9086642	288538	0,2	1,38	0,42	0,88	-8,562488	F
P <sub>7</sub> - 212	9086682	288806	-0,53	1,36	2,02	1,58	-10,666492	F
P <sub>8</sub> - 217	9087521	289279	0,27	0,81	0,73	0,88	-8,81888	F
P <sub>8</sub> - 246	9088026	288702	0,28	2,41	0,29	0,4	-4,781908	M
P <sub>9</sub> - 216	9089232	289747	0,25	2,47	0,28	0,43	-4,900536	M
P <sub>9</sub> - 218	9089223	289875	-0,004	2,64	0,24	0,2	-1,6534992	M
P <sub>9</sub> - 473	9089115	290023	-0,2	0,91	0,11	0,46	-2,733784	M
P <sub>9</sub> - 606	9089148	290586	-0,33	1,1	1,03	0,56	-2,992912	M
P <sub>10</sub> - 52	9079982	285778	0,04	2,62	1,26	0,15	-1,140056	M
P <sub>N9</sub> - 204	9088815	288387	-0,66	0,63	4,12	2,72	-19,42	F
P <sub>N10</sub> - 209	9090995	290618	0,04	0,61	2,15	3,57	-30,86	F
P <sub>N10</sub> - 210	9090995	290618	-0,15	1,64	3,34	1,64	-12,7	F
P <sub>11</sub> - 202	9091036	291398	-0,53	1,09	4,11	1,39	-8,42	F
P <sub>11</sub> - 205	9089059	289488	0,11	1,23	0,28	0,94	-7,97	F
P <sub>N5</sub> - 324	9083692	286864	-0,00	0,99	1,22	0,64	-5,26	M
P <sub>N3</sub> - 330	9080646	286733	-0,24	2,41	1,23	0,38	-1,8	M
P <sub>N5</sub> - 201°	9089514	291177	-0,15	1,64	3,34	1,64	-1,27	F
P <sub>N6</sub> - 322	9084918	287321	0,31	1,44	1,07	1,32	-12,7	F
P <sub>N6</sub> - 208	9085630	286241	0,00	2,56	1,25	0,21	-1,47	M
P <sub>N5</sub> - 325	9083608	286020	0,29	2,49	1,28	0,37	-4,29	M
P <sub>11</sub> - 206	9090515	289523	0,60	0,90	1,11	0,42	-6,3	M
P <sub>11</sub> - 321	9085630	286834	0,02	0,90	1,15	0,64	-5,38	M
P <sub>N5</sub> - 323	9083704	287621	0,53	0,87	0,49	0,45	-6,39	M
P <sub>11</sub> - 201	9089514	291179	-0,26	2,53	1,24	0,37	-1,61	M

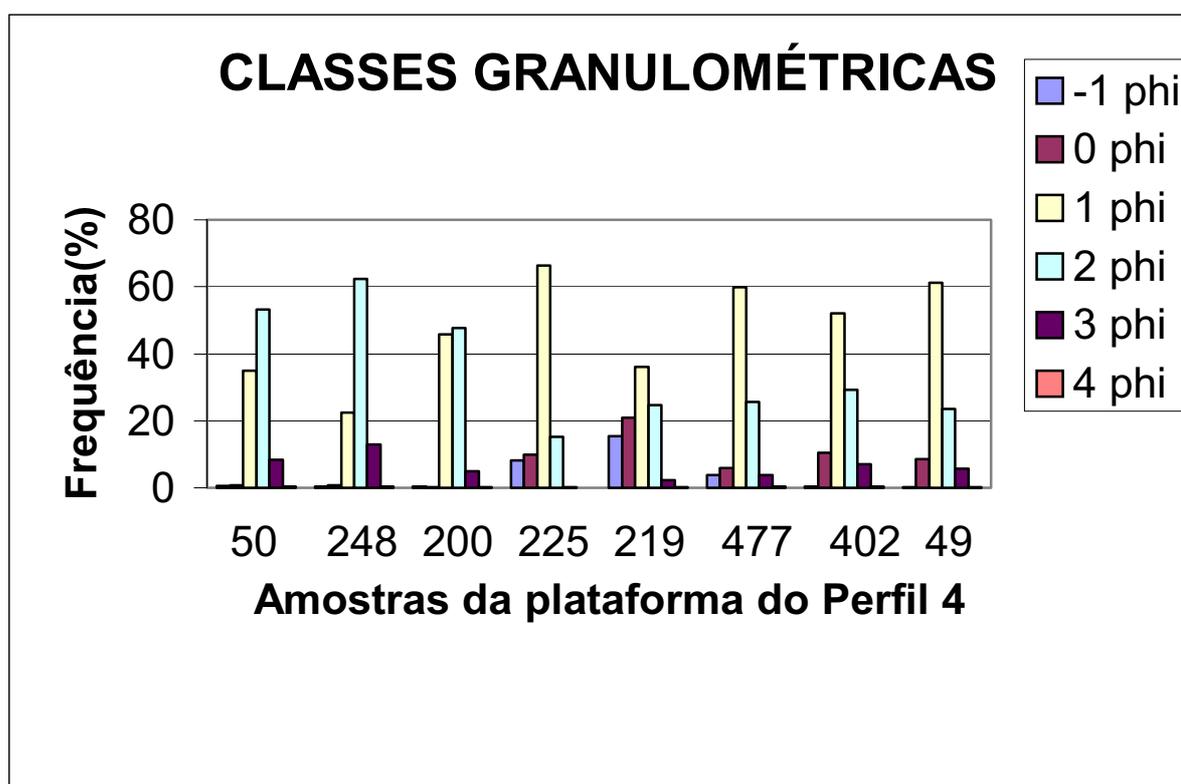
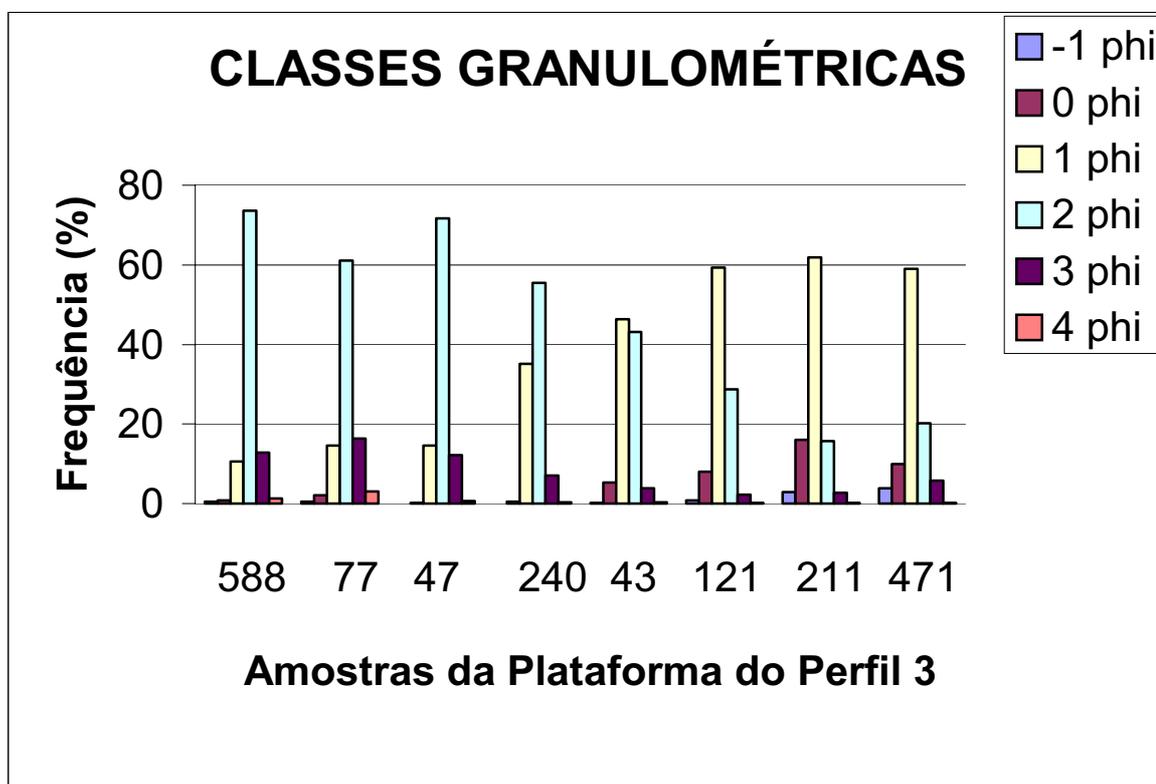
# **ANEXOS**

## **(3)**

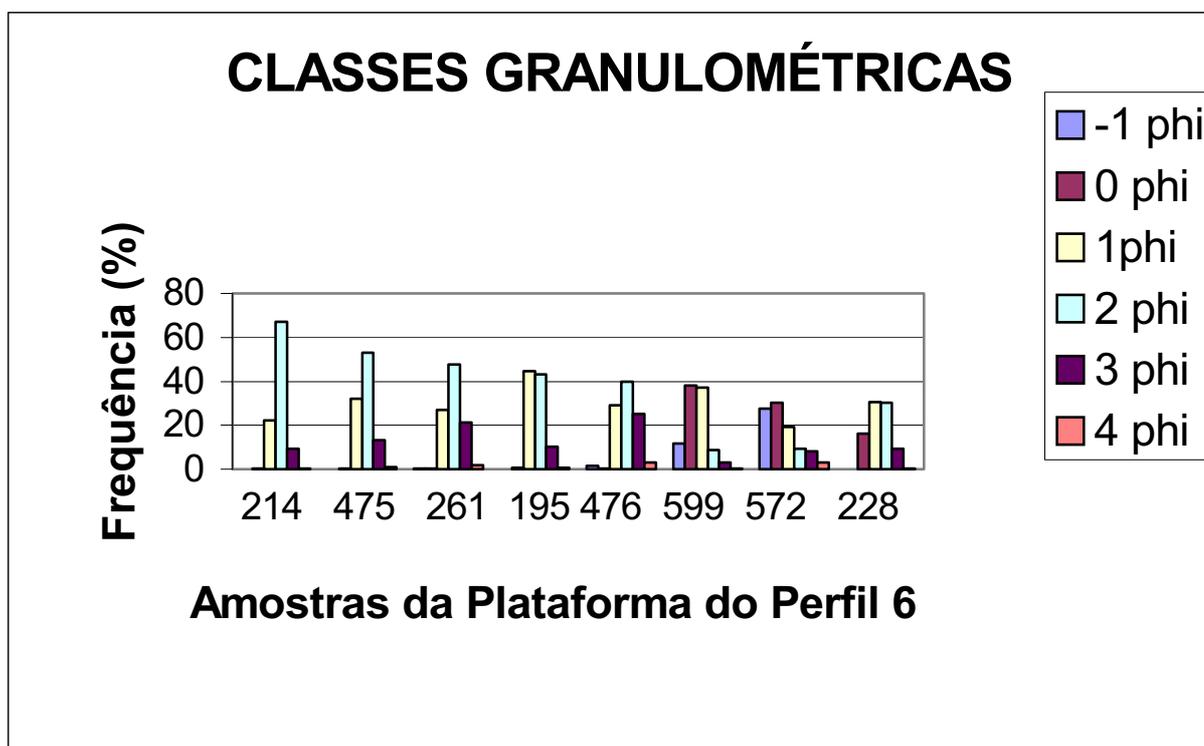
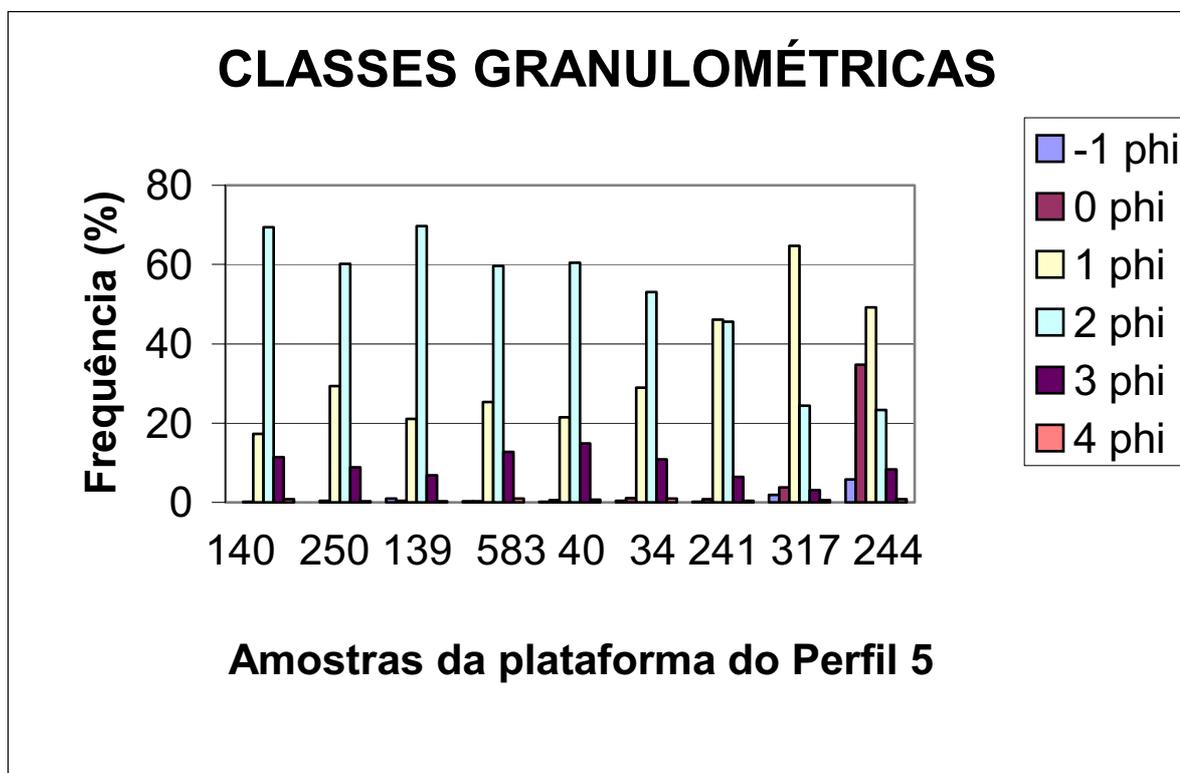
## HISTOGRAMAS DAS FÁCIES AREIA E AREIA CASCALHOSA



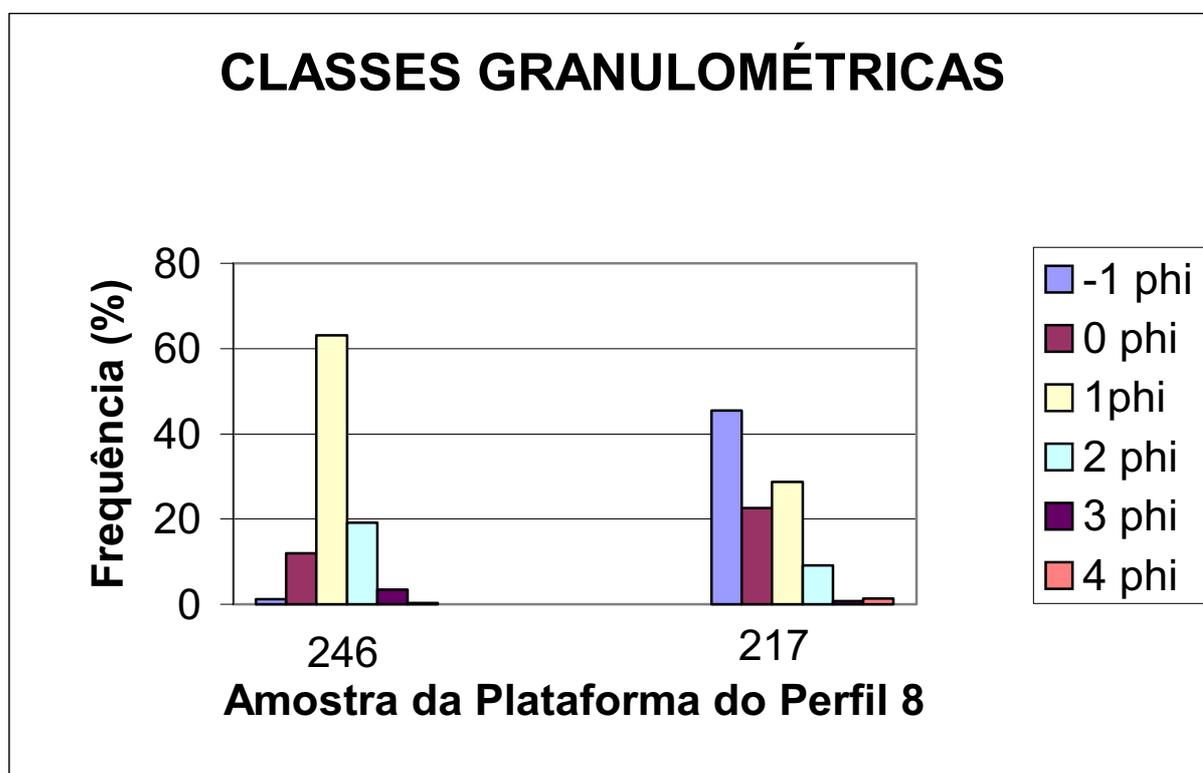
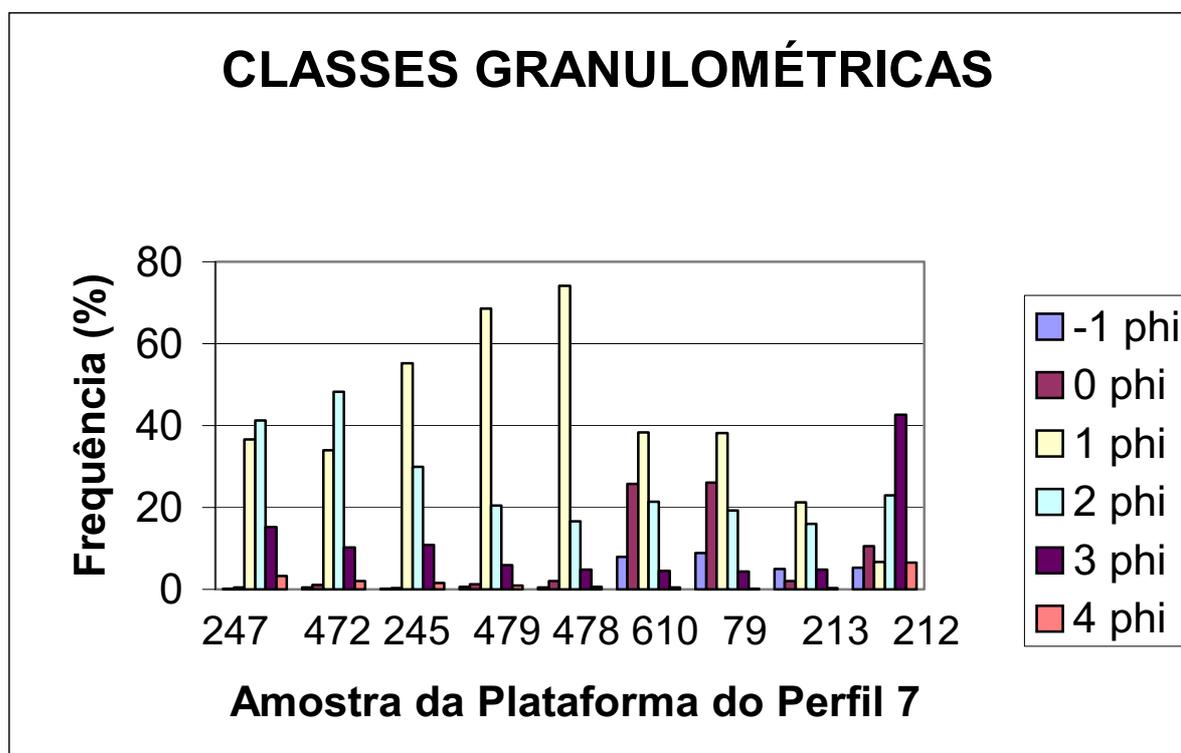
## HISTOGRAMAS DAS FÁCIES AREIA E AREIA CASCALHOSA



## HISTOGRAMAS DAS FÁCIES AREIA E AREIA CASCALHOSA



## HISTOGRAMAS DAS FÁCIES AREIA E AREIA CASCALHOSA



## HISTOGRAMAS DAS FÁCIES AREIA E AREIA CASCALHOSA

