**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO ATUAL E MORFODINÂMICA
DAS PRAIAS DE BICANGA A POVOAÇÃO, ES**

JACQUELINE ALBINO

Orientador : Prof. Dr. Kenitiro Suguio

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Assinatura

Presidente: Prof. Dr. Kenitiro Suguio

Examinadores: Prof. Dr. Alberto Garcia de Figueiredo Junior

Prof. Dr. Michel Michaelovitch Mahiques

Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

Prof. Dr. Rodolfo José Angulo

**SÃO PAULO
1999**

JACQUELINE ALBINO

PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO ATUAL E MORFODINÂMICA DAS
PRAIAS DE BICANGA À POVOAÇÃO-ES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências.

Professor orientador: Dr. Kenitiro Suguio

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004447

SÃO PAULO
1999

Ao Estado do Espírito Santo

*que me acolheu tão bem e
que me despertou as idéias para propor este trabalho.*

Agradecimentos

São inúmeras as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Pessoas como D. Graça, que mensalmente emprestava o pequeno barco a remo para travessia do rio Riacho, e Ana, que me trazia aquele abençoado café surpresa quando me encontrava trancada no escritório. Desta forma, antes de agradecer aos mais envolvidos, deixo meu sincero agradecimento a todos ...

Ao meu orientador, prof. Dr. Kenitiro Suguio, pela confiança depositada em meu trabalho, pelo seu apoio e contribuição no meu crescimento profissional.

Aos mestres e amigos profs. Drs. Dieter Muehe, Michel Mahiques e Moyses Tessler, sempre dispostos a me ajudar ... e como ajudaram. Agradeço à atenção e ao carinho com que participaram nas diversas etapas do trabalho. Sinto uma imensa e sincera alegria de ter estas pessoas no meu convívio profissional.

A profa. Dra. Zelinda Margarida Leão que, como o nome já sugere, é uma linda pessoa. Por ter me ajudado na identificação dos bioclastos em seu laboratório na UFBA, por ter me dado a oportunidade de conhece-la e poder contar com sua colaboração.

Aos colegas de Universidade, aos alunos de geografia, aos ex-alunos e ex-bolsistas, aos amigos cariocas e paulistas, aos amigos pessoais e ao maridão, por terem participado das campanhas de campo, do embarque para coleta de sedimentos e das análises laboratoriais. Tenho na lembrança todas as participações, com suas histórias e risadas. Mais uma vez meu muito obrigado, sem vocês a realização deste trabalho seria impossível.

Ao meu colega e amigo, Agnaldo Silva Martins, pela ajuda na utilização de diversos programas gráficos e pelas caminhadas ouvindo minhas idéias sobre a tese.

Ao Projeto Tamar (Tartarugas Marinhas) por ter favorecido e proporcionado os meios para as coletas dos dados de campo da planície deltaica do rio Doce. Agradeço

especialmente ao biólogo Juarez e à tripulação da escuna Careba: Aranha, Careca e Nelsinho, pelo inesquecível convívio durante o embarque.

À Fundação Ecossistemas do Espírito Santo e ao João Parísio pelas pernoites em sua base de Santa Cruz durante as campanhas de campo.

Ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais e ao Programa de Capacitação de Docentes da Universidade Federal do Espírito Santo pela concessão de afastamento e de bolsa de estudos da CAPES para a realização do doutoramento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar da Universidade de São Paulo pela oportunidade de concluir este curso. Aos professores, funcionários e aos colegas da USP, meu muito obrigado pelo convívio tão amigável. Meu agradecimento especial às meninas da secretaria, Ana Paula e Magali, pelo carinho e atenção que me dedicaram.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro ao projeto de doutoramento.

E finalmente à minha família...

À Wanda, minha mãe, pelo seu carinho e por ter estado sempre disposta a facilitar minha vida para eu ter mais tempo de dedicação a este trabalho.

Ao meu pai (in memoriam), cuja lembrança me incentivava a continuar, com a certeza das orações que ele teria feito para o sucesso da tese.

Ao Camilo, meu marido, por me apoiar tudo que faço e por ter me ajudado nas diversas etapas do trabalho, especialmente na confecção das figuras.

À Sofia, minha filha, que durante sua gestação emanou tanta felicidade que me estimulou nas análises dos dados. E hoje, sua presença, me faz desejar vencer etapas para me tornar uma pessoa melhor.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

FIGURA 2-1	Localização da área de estudo.	05
FIGURA 2-2	Regime de ventos e os sentidos de chegada das ondas ao litoral capixaba em condições normais. Martin et al. (1993)	07
FIGURA 2-3	Regime de ventos e o sentido de chegada das ondas ao litoral capixaba associadas ao fenômeno El Niño. Martin et al. (1993)	07
FIGURA 2-4	Distribuição das frequências das alturas de ondas significativas e dos períodos nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória, ES	08
FIGURA 2-5	Mapa geológico esquemático da região costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória segundo Cordani (1973)	12
FIGURA 2-6	Depósitos da Formação Barreiras na Estado do Espírito Santo. Amador & Dias (1978)	14
FIGURA 2-7	Mapa geológico esquemático da planície do rio Doce. Martin et al. (1996)	17
FIGURA 2-8	Mapa geológico esquemático da planície costeira de Santa Cruz, Nova Almeida e Jacaraípe - ES. Martin et al. (1996)	18
FIGURA 2-9	Estágios evolutivos de sedimentação litorânea, por mecanismos eustáticos e paleoclimáticos, desde o fim do Terciário até hoje. Dominguez et al. (1981)	20
FIGURA 2-10	Mapa batimétrico da plataforma continental de Salvador à Vitória. Melo et al. (1975)	22

Capítulo 3

FIGURA 3-1	Subdivisão e terminologia transversal do perfil de praia adaptado de Davis (1985)	25
FIGURA 3-2	Estados morfodinâmicos das praias segundo Wright et al. (1979, <i>apud</i> Muehe, 1994)	30

Capítulo 4

FIGURA 4-1	Tipos de queda de sedimentos bioclásticos, segundo Maiklem (1968)	40
------------	---	----

Capítulo 5

FIGURA 5-1	Mapa de localização da área de estudo e das estações de amostragem	49
------------	--	----

Capítulo 6

FIGURA 6-1	Mapa batimétrico da plataforma continental interna adjacente à Vitória a praia de Povoação, desembocadura norte do rio Doce - ES	63
FIGURA 6-2	Estimativas das alturas das ondas na arrebentação e nível do mar no momento do levantamento das estações P1 (praia de Bicanga) a P8 (praia Grande), entre Janeiro de 96 e Janeiro de 97	67
FIGURA 6-3	Estimativas das alturas das ondas na arrebentação e nível do mar no momento do levantamento das estações P9 (praia do Rio Preto) a P16 (praia Mar Azul), entre Janeiro de 96 e Janeiro de 97	69
FIGURA 6-4	Estimativas das alturas das ondas na arrebentação e nível do mar no momento do levantamento das estações P17 (praia de Potiri) a P24 (praia de Povoação), entre Janeiro de 96 e Janeiro de 97	71
FIGURA 6-5	Variações topográficas dos perfis das praias de Bicanga e Manguinhos (P1 a P3)	73
FIGURA 6-6	Variações topográficas dos perfis da praia de Jacaraípe (P4 a P6)	75

FIGURA 6-7	Variações topográficas dos perfis das praias de Barreiras e Grande (P7 e P8)	77
FIGURA 6-8	Variações topográficas dos perfis da praia do Rio Preto (P9 e P10)	79
FIGURA 6-9	Variações topográficas dos perfis das praias Formosa, Santa Cruz, e Coqueiral (P11 a P13)	81
FIGURA 6-10	Variações topográficas dos perfis das praias de Sauna, Padres e Mar Azul (P14 a P16)	82
FIGURA 6-11	Variações topográficas dos perfis das praias de Potiri e Barra do Saí (P17 e P18)	84
FIGURA 6-12	Variações topográficas dos perfis das praias de Barra do Riacho (P19) e Comboios (P20).	86
FIGURA 6-13	Variações topográficas dos perfis das praias de Comboios e Regência (P21 e P22)	88
FIGURA 6-14	Variações topográficas dos perfis da praia de Povoação (P23 e P24)	90
FIGURA 6-15	Histogramas da distribuição granulométrica dos sedimentos do leito dos rios Reis Magos, Piraquê-Açu, Piraquê- Mirim, Riacho, Comboios e Doce	93
FIGURA 6-16	Mapa faciológico dos sedimentos de fundo da plataforma continental adjacente à Vitória a praia de Povoação, ao norte da desembocadura do rio Doce -ES	96
FIGURA 6-17	Mapa granulométrico dos sedimentos biolitolásticos que recobrem a plataforma continental interna adjacente entre Vitória e Povoação, ao norte da desembocadura do rio Doce - ES	98
FIGURA 6-18	Distribuição dos teores de algas coralinas, moluscos e briozoários na composição das areias bioclásticas	100
FIGURA 6-19	Distribuição dos teores de equinodermas e foraminíferos na composição das areias bioclásticas.	102
FIGURA 6-20	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias de Bicanga e Manguinhos (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997.	106
FIGURA 6-21	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas da praia de Jacaraípe (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997	107
FIGURA 6-22	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias de Barreiras e Grande (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997	108
FIGURA 6-23	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas da praia de Rio Preto (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997	109
FIGURA 6-24	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias Formosa e Santa Cruz (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997	110
FIGURA 6-25	Distribuição dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias de Coqueiral e Sauna, ES, entre de janeiro de 1996 e janeiro de 1997	111
FIGURA 6-26	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias dos Padres, Mar Azul. Potiri e Barra do Saí (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997	112
FIGURA 6-27	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias predominantemente litoclásticas das praias de Barra do Riacho, Comboios e Regência (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997	114
FIGURA 6-28	Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias predominantemente litoclásticas da praia de Povoação (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997	115
FIGURA 6-29	Distribuições granulométricas das areias mistas da face praial das estações P1 a P 10, em histogramas de percentagem do peso retido dos diversos intervalos granulométricos	117
FIGURA 6-30	Distribuições granulométricas das areias mistas da face praial das estações P11 a P 18, em histogramas de percentagem do peso retido dos diversos intervalos granulométricos.	118

FIGURA 6-31	Distribuições granulométricas das areias mistas do berma, em histogramas de percentagem do peso retido dos diversos intervalos granulométricos	120
FIGURA 6-32	Composição biológica areias bioclásticas das praias de sedimentos mistos, de Bicanga (# P1) a Barra do Saí (# P18).	123
FIGURA 6-33	Grau de arredondamento dos grão de Quartzo das praias de Bicanga (# P1) a Povoação (# P24)	125
FIGURA 6-34	Médias dos diâmetros médios, médias dos teores de bioclastos e os teores dos principais componentes da fração bioclástica para cada estação da praia de Bicanga a Povoação (P1 a P18)	127
FIGURA 6-35	Média dos diâmetros médios das areias das praias de Barra do Riacho (P19) a praia de Povoação (P24) nas diversas campanhas e grau de arredondamento dos grãos de quartzo	129

Capítulo 7

FIGURA 7-1	Distribuição dos teores de algas, moluscos e briozoários na plataforma continental interna de Carapebus à Barra do Saí com a representação da isóbata-limite de mobilização mais efetiva dos sedimentos de fundo para as praias	140
FIGURA 7-2	Médias mensais dos teores de bioclastos, dos diâmetros médios e dos graus de seleção da distribuição granulométrica (em phi) das areias mistas das estações P1 a P18, de janeiro de 96 a janeiro de 97	148

LISTA DE TABELAS

Capítulo 4

TABELA 4-1	Alguns trabalhos sedimentológicos sobre partículas de diferentes composições biológicas ou mineralógicas executados com tubos de sedimentação	46
------------	---	----

Capítulo 5

TABELA 5-1	Classificação das fácies dos sedimentos da cobertura da plataforma modificado por Dias (1996)	52
TABELA 5-2	Distribuição das amostras de sedimentos fluviais	55

Capítulo 6

TABELA 6-1	Condições meteorológicas e fases lunares dos dias de amostragens.	65
TABELA 6-2	Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre teores de bioclastos, diâmetro médio e componentes biológicos	126

LIISTA DE PRANCHAS

PRANCHA 1	Fotos das areias biolitoclásticas das praias Grande (P8) e (P10)	160
PRANCHA 2	Fotos das areias biolitoclástica da praia dos Padres (P15)	161

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I	Localização das estações de amostragem da zona submersa	163
ANEXO II	Localização das estações de amostragem das praias de Bicanga (P1) a Povoação (24)	164
ANEXO III	Condições meteorológicas e fases lunares do dias de amostragem	165
ANEXO IV	Dados oceanográficos obtidos a partir da praia e valores estimados para energia (E), velocidade e capacidade de transporte longitudinal (v_s e Q_s)	166
ANEXO V	Parâmetros estatísticos, segundo Folk e Ward (1957), das areias do berma praial, em ϕ	171
ANEXO VI	Parâmetros granulométricos das areias do terraço arenoso sob a antepraia da estação 21, Praia de Comboios	175

SUMÁRIO

<i>Dedicatória</i>	<i>iii</i>
<i>Agradecimentos</i>	<i>iv</i>
<i>Lista de figuras</i>	<i>vi</i>
<i>Lista de tabelas</i>	<i>ix</i>
<i>Lista de pranchas</i>	<i>x</i>
<i>Lista de anexos</i>	<i>x</i>
<i>Sumário</i>	<i>xi</i>
<i>Resumo</i>	<i>xiii</i>
<i>Abstract</i>	<i>xiv</i>
I INTRODUÇÃO	01
1.1 Apresentação	01
1.2 Objetivos	03
II ÁREA DE ESTUDO	04
2.1 Localização	04
2.2 Aspectos climáticos	04
2.3 Aspectos oceanográficos	06
2.3.1 Direção das ondas	06
2.3.2 Altura e período significativos das ondas	06
2.3.3. Maré	08
2.4 Aspectos geológicos e geomorfológicos	09
2.4.1 Aspectos tectônicos e estruturais	09
2.4.2 As rochas pré-cambrianas da região serrana	10
2.4.3 Os tabuleiros da Formação Barreiras	13
2.4.4 Planície costeira	16
2.4.5 Plataforma continental	21
III MORFODINÂMICA PRAIAL	24
3.1 A terminologia utilizada para o perfil de praia	24
3.2 Um pequeno histórico sobre a variabilidade topográfica e sedimentológica de praias	26
3.3 Morfodinâmica praial da escola australiana	28
3.3.1 Aspectos gerais	28
3.3.2 Os estados morfodinâmicos	29
3.4 Considerações finais	33
IV RELAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS E MINERALÓGICAS DOS SEDIMENTOS E A HIDRODINÂMICA	35
4.1 Os litoclastos	35
4.2 Os bioclastos	38
4.2.1 Composição mineralógica	38
4.2.2 Composição biológica	38
4.2.3 Textura	41

V MATERIAL E MÉTODOS	48
5.1 Considerações gerais	48
5.2 Batimetria e reconhecimento sedimentológico da plataforma continental interna	48
5.2.1 Batimetria	48
5.2.2 Reconhecimento sedimentológico	48
5.2.3 Determinação da isóbata-limite para as representações gráficas	53
5.3 Coleta dos sedimentos fluviais	54
5.4 Levantamento topográfico, oceanográfico e sedimentológico das Praias	55
5.4.1 Campanhas de campo e posições de amostragem	55
5.4.2 Perfis	56
5.4.3 Dados oceanográficos	56
5.4.4 Coleta de sedimentos praias	58
5.5 Análise dos sedimentos	58
5.5.1 Considerações gerais	58
5.5.2 Teores de CaCO_3	58
5.5.3 Composição biológica dos fragmentos bioclásticos	59
5.5.4 Análise granulométrica	60
5.5.5 Análise morfoscópica	60
5.6 Análises estatísticas de correlações e agrupamento por similaridades	60
VI - RESULTADOS E ANÁLISES	62
6.1 Fisiografia da plataforma e dos perfis praias	62
6.1.1 Morfologia superficial da plataforma continental interna	62
6.1.2 Variabilidade topográfica dos perfis praias	64
6.1.3 Resultados integrados da fisiografia da plataforma e perfis praias	89
6.2 Sedimentologia	92
6.2.1 Granulometria dos sedimentos das principais desembocaduras fluviais	92
6.2.2 Sedimentologia da plataforma continental interna	95
6.2.3 Análise integrada da sedimentologia das rios e da plataforma continental interna	104
6.2.3 Sedimentologia das praias	105
VII DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES	130
7.1 Fontes e distribuição das areias, tipologia e tendência futura das praias associadas à planície deltaica do rio Doce	130
7.1.1 Fontes e distribuição das areias litoclásticas das praias	130
7.1.2 Tipologia das praias	134
7.1.3 Tendência futura das praias à erosão	136
7.2 Fontes e distribuição das areias, tipologia e tendência futura das praias Associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras	136
7.2.1 Fontes e distribuição das areias biolitoclásticas das praias	136
7.1.2 Tipologia das praias	144
7.1. 3 Tendência futura das praias à erosão	147
VII CONSIDERAÇÕES FINAIS	150
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
PRANCHAS	159
ANEXOS	162

Resumo

A planície costeira do litoral centro-norte do Estado do Espírito Santo apresenta um setor com bom desenvolvimento dos depósitos quaternários, correspondente à planície deltaica do rio Doce, e outro setor com estreita faixa de sedimentos quaternários limitada pelas falésias da Formação Barreiras.

Os estudos sobre a granulometria dos sedimentos de fundo dos rios que desembocam no litoral, a morfologia e a sedimentologia da plataforma continental interna adjacente, bem como as variações topográficas, sedimentológicas e energéticas das praias por um ano revelaram que as praias possuem diferentes fontes de sedimentos e são submetidas a processos hidrodinâmicos distintos.

As praias associadas à planície deltaica do rio Doce são volumosas devido ao abundante aporte terrígeno de areias litoclásticas e à deposição de sedimentos fluviais e marinhos favorecida pelo efeito de molhe exercido pela foz do rio Doce. A alta declividade plataforma permite a entrada de ondas de alta energia promovendo eficiente transporte e distribuição de sedimentos, ao longo e perpendicularmente a costa, e causa alterações topográficas sazonais dos perfis praias. As praias apresentam tipologias refletivas a intermediárias, com tendência à construção.

As praias situadas defronte aos tabuleiros da Formação Barreiras são constituídas por areias mistas (fragmentos de quartzo e biodetritos). A principal fonte das areias bioclásticas marinhas são as construções carbonáticas biogenéticas, que revestem as couraças lateríticas da plataforma continental interna, que são arrancadas e fragmentadas pelas ondas. As areias bioclásticas são compostas predominantemente por fragmentos de algas coralinas, moluscos e briozoários.

As couraças ferruginosas da plataforma continental interna e da antepraia dissipam a energia das ondas e consequentemente as praias adquirem características dissipativas e intermediárias. A diferenciação entre estes tipos é determinada pela disposição das couraças na antepraia e pelas diversidades das areias mistas das praias, que desenvolvem processos hidrodinâmicos limitados a pequenos trechos praias. A escassez de sedimentos bioclásticos nas planícies costeiras situadas defronte às falésias marinhas da Formação Barreiras talvez possa ser explicada pela suscetibilidade maior dos bioclastos à desintegração e dissolução pelas ondas.

Astract

The central northern state of Espírito Santo coastal plain exhibits a sector with well developed quaternary deposits, corresponding to the Doce river deltaic plain, and another sector with narrow stretch of quaternary sediments limited by the Barreiras Formation sea cliffs.

The grain size analysis of bottom sediments rivers flowing to the coastline, the morphology and sedimentology of adjacent inner continental shelf, as well as topographic, sedimentologic and energetic changes measured during one year revealed that the studied beaches are supplied by distinct sources, and they are subjected to distinct hydrodynamic processes. The beaches associated to the Doce deltaic plain are voluminous, due to the abundant lithoclastic terrigenous sands deposited through marine and fluvial processes, propitiated by the Doce river mouth groin effect. The steep slope of the continental shelf allows entrance of high energy waves, which promotes efficient transport and distribution of sediments, along and normally to the coast, and giving rise to seasonal topogrphic oscillations of the beach profiles. The beaches present reflexive and intermediate typologies with constructional tendency.

The beaches situated in front of the Barreiras Formation sea cliffs are composed by a mixed sand (quartzose and biotrital fragments). The most important source of the biotrital sands are the calcium carbonate build-ups, covering the lateritic crust of the inner continental shelf bottom, with are wrenched and crushed by waves. The biotrital farctions are mostly composed of coralline algae, mollusk and briozonean fragments.

The ferruginous crusts of the inner continental shelf and foreshore dissipate wave energy, and consequently the beaches acquire dissipative and intermediate characteristics. The differentiation among these types is determinated by the arrangement of the crusts in the foreshore, and the diversity of mixed sands in the beaches, developing peculiar hydrodynamics processes. The scarcity of biotrital sediments in the coastal plains, situated in front of the Barreiras Formation sea cliffs, may be explained by the greater susceptibility of the biotrital fragments to disintegration and solution by waves.

I - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A evolução da costa depende dos processos morfodinâmicos que ocorrem em resposta às mudanças das condições externas (Wright & Thom, 1977), principalmente de naturezas geológicas e climáticas, (Cowell & Thom, 1997).

A evolução geológica controla a fisiografia da costa, como também a abundância e as propriedades dos sedimentos. As propriedades físicas dos grãos, tais como tamanho, densidade, forma e natureza, são determinantes no resultado final de transporte dos sedimentos, assim como o balanço sedimentar, representado pelas perdas e ganhos de sedimentos dentro de um sistema costeiro. Os elementos climáticos e oceanográficos regionais controlam a energia dos agentes de dinâmica costeira.

Segundo Cowell & Thom (1997), a morfodinâmica costeira pode ser definida como o processo de ajustamento mútuo da topografia com a hidrodinâmica envolvida no transporte de sedimentos.

Um grupo de pesquisadores australianos (Short, 1995; Wright *et al.* 1977, 1979) vem realizando experimentos em praias arenosas fim de se identificar os complexos fluxos existentes na zona de surfe, responsáveis pela topografia e transporte sedimentar das praias. Estes estudos contribuíram para melhor compreensão dos processos responsáveis pela evolução das praias e outras feições costeiras. Wright *et al.* (1979) evidenciaram diferentes estados morfodinâmicos ou tipologias morfodinâmicas das praias, resultantes do ajustamento às condições ambientais atuantes.

Como a praia é o ambiente de transição entre a planície costeira e a plataforma continental interna, sua tipologia e morfodinâmica são resultantes da interação entre estas duas unidades geomorfológicas.

Martin *et al.* (1996), ao proporem a subdivisão da planície quaternária costeira do litoral do Espírito Santo, basearam-se em aspectos fisiográficos e reconheceram um setor com notável desenvolvimento da planície quaternária, correspondente à planície deltaica do rio Doce, e outro setor, com pouco desenvolvimento dos depósitos quaternários ao pé das falésias da Formação Barreiras, de Barra do Riacho a Vitória.

As praias situadas na porção centro norte do Estado do Espírito Santo, associadas à planície deltaica do rio Doce e às falésias da Formação Barreiras, apresentam distintas tipologias morfodinâmicas. As areias das praias caracterizam-se pela grande diversidade em suas propriedades físicas, já que apresentam fontes distintas de sedimentos. Uma fonte é representada pelos sedimentos terrígenos, resultantes da erosão das falésias vivas dos tabuleiros da Formação Barreiras e das cargas fluviais, e a outra pelos sedimentos marinhos que recobrem a plataforma continental interna que, segundo Kowsmamm & Costa (1979), são constituídos por 75% de sedimentos carbonáticos.

A diversidade composicional dos grãos e ainda, a existência de fontes atuais distintas de sedimentos atuando sobre variações temporais e espaciais do balanço sedimentar, aumentam a complexidade dos processos de mobilização, desgaste, seleção e deposição dos grãos. A interferência das variáveis energéticas e topográficas dificultam, ainda mais, a identificação dos processos responsáveis pelas diferentes tipologias das praias. Carter (1982) destaca problemas metodológicos na interpretação dos processos hidrodinâmicos de praias constituídas de misturas de areias litoclásticas e bioclásticas e sugere que elas devem ser analisadas diferentemente das praias essencialmente quartzosas, em função da diversidade das propriedades físicas dos grãos.

Considerando as diferentes tipologias das praias do litoral capixaba, devido às distintas fontes potenciais de sedimentos, o desafio da compreensão dos processos hidrodinâmicos de praias de areias mistas só pode ser vencido por investigações geológicas e geomorfológicas mais detalhadas que as realizadas até o momento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Conhecer os processos de sedimentação atual e a morfodinâmica das praias situadas defronte às falésias da Formação Barreiras e à foz do rio Doce.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais fontes atuais de sedimentos das praias.
- Conhecer a dinâmica sedimentar e os parâmetros hidrodinâmicos envolvidos na morfologia e distribuição dos sedimentos das praias.
- Contribuir para a elucidação dos processos sedimentares envolvidos em praias compostas por areias mistas (bioclásticas e litoclásticas).
- Caracterizar os tipos morfodinâmicos de praias e as propriedades granulométricas das praias estudadas durante o período de um ano.
- Tentar identificar as tendências atual e futura de erosão ou sedimentação aceleradas na linha de costa em estudo.

II - ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização

A área de estudo está compreendida entre as coordenadas 19°30' e 20° 15' de latitude sul e 39° 35' a 40°13' de longitude oeste.

As praias estendem-se de Bicanga (14 km ao norte de Vitória, município da Serra) à Povoação (ao norte da desembocadura do rio Doce, município de Linhares), perfazendo aproximadamente 120 km de linha de costa na porção centro-norte do litoral do Estado do Espírito Santo (Fig. 2-1).

A distância, a partir da linha de costa, da porção submersa estudada atinge 9 milhas náuticas (1 milha náutica = 1,852m), estendendo-se até a isóbata máxima de 43 m.

2.2 Aspectos climáticos

O clima deste trecho do litoral brasileiro é do tipo W pseudo-equatorial, classificação de Köppen (1948, *apud* Martin *et al.* 1993). A região encontra-se em zona caracterizada por chuvas tropicais de verão, com estação seca durante o outono e inverno. Porém, as duas últimas estações podem registrar precipitações frontais de descargas devidas às massas polares. A temperatura média anual é de 22° C, ficando a média das máximas entre 28° e 30° C, enquanto que as mínimas apresentam-se em torno de 15° C.

Tanto os dados levantados pelo Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo (CTH/USP) entre fevereiro e 1972 e janeiro de 1973 (Bandeira *et al.* 1975), quanto os fornecidos pela EMCAPA (1981), demonstram que os ventos de maior frequência e maior intensidade são os provenientes dos quadrantes NE-ENE e SE, respectivamente. Os primeiros estão associados aos ventos alísios, que sopram durante a maior parte do ano, enquanto que os de SE estão relacionados às frentes frias que chegam periodicamente à costa capixaba (Fig. 2-2A).

FIGURA 2-1 Localização da área de estudo. Guia Praias 4 Rodas (1997).

2.3 Aspectos oceanográficos

2.3.1 Direção das ondas

Os dados obtidos pela CTH/USP em 1972-1973 na planície deltaica do rio Doce, indicaram que as ondas procedem de dois setores principais NE - E e SE - E, (Fig. 2-2B), com predominância do primeiro (Bandeira *et al.* 1975). Estas ondas são geradas pelos dois sistemas de ventos existentes na região (Fig. 2-2A). As ondas do setor sul, associadas às frentes frias, embora sejam menos freqüentes, são mais energéticas do que as do quadrante NE. Martin *et al.* (1993) destacam que este modelo pode ser perturbado por anomalias de temperatura de superfície do Oceano Pacífico, ao norte do Peru, conhecidas como Fenômeno El Niño. Em período de ação deste fenômeno, a passagem das ondas meridianas de média e alta troposfera é bloqueada pela presença de forte e permanente corrente de jato subtropical (Fig. 2-3A). Este bloqueio faz com que as zonas frontais permaneçam no S e SE do Brasil, originando alta pluviosidade, enquanto que ao norte, ocorre seca. Em janeiro e fevereiro de 1995, sob o efeito do Fenômeno El Niño, o Estado de São Paulo registrou altos índices pluviométricos, enquanto no Espírito Santo foram extremamente baixos. Conseqüentemente, nos períodos de atuação do Fenômeno El Niño, as ondas do setor sul, geradas pelas advecções polares, não atingem o litoral capixaba, o que faz com que as frentes de ondas sejam originadas somente pelos ventos do NE -E (Fig. 2-3B).

2.3.2 Altura e período significativos das ondas

Dados sobre clima de onda para o litoral brasileiro são escassos e limitados aos levantados nas proximidades de portos por ocasião de suas construções (Homsí, 1978). Na área de estudo, os dados obtidos pelo INPH (Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias), entre março de 79 a setembro de 80, nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória, foram utilizados pela RAM Engenharia (1994) para a determinação do clima de ondas, conforme Figura 2-4.

A Figura 2-4A mostra que a altura significativa das ondas para o litoral pouco ultrapassa 1,5 m, sendo as alturas de 0,9 e 0,6 m as mais freqüentes. O período freqüente está em torno de 5 a 6,5 s, não ultrapassando 9,5 s (Fig. 2-4B).

FIGURA 2-2. Regime dos ventos (A) e os sentidos de chegada das ondas (B) ao litoral capixaba em condições normais. Martin et al. (1993)

FIGURA 2-3. Regime dos ventos (A) e sentido de chegada das ondas (B) associadas ao fenômeno El Niño. Martin et al. (1993).

A

B

FIGURA 2-4 (A) Distribuição das frequências das alturas de ondas significativas nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória. (B) Distribuição das frequências dos períodos nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória, ES. As maiores frequências de altura de ondas foram de 0,6 e 0,9 m e do período de 5 a 6,5 s. RAM Engenharia Ltda. (1994).

2.3.3. Maré

A amplitude de maré do litoral capixaba varia de 1,40 a 1,50 m (Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, 1994), característica de litoral submetido a micromaré (< 2m).

2.4 Aspectos geológicos e geomorfológicos

2.4.1 Aspectos tectônicos e estruturais

Os eventos tectônicos denominados de Ciclos Transamazônico e Brasileiro, foram fundamentais para que a atual linha de costa adquirisse a direção predominantemente norte-sul e também pelos principais domínios morfogenéticos reconhecidos na região.

O tectonismo ocorrido durante o Cretáceo inferior (pré-Aptiano), que correspondeu a um importante estágio de reativação da plataforma brasileira, conhecido pelo nome de Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967), foi o responsável pelo surgimento do Oceano Atlântico Sul e pela reativação das estruturas preexistentes. O tectonismo resultou de forças de distensão subcrustais que, desde o Jurássico superior, atuaram sobre as antigas linhas de fraqueza do embasamento pré-cambriano, ao longo da faixa correspondente à atual costa do Brasil. Como consequência foram produzidos falhamentos normais e escalonados de grande extensão e sistemas de grábens e hemigrábens (Asmus *et al.*, 1971).

Asmus *et al.* (1971) afirmam que os efeitos posteriores deste tectonismo, representados pelas reativações dos falhamentos principais, perduraram com intensidades decrescentes até o Neocretáceo/Eoterciário. A acomodação e deslocamento por pequenas falhas dos sedimentos depositados durante o Terciário (Formação Barreiras) e a configuração da rede de drenagem suportam esta afirmação (Mendes *et al.*, 1987).

King (1956) sugere a formação de uma estrutura monoclinal íngreme na faixa costeira, que ocasionou o soerguimento da superfície terciária, em relação ao nível do mar, durante o Terciário médio.

Este arqueamento da superfície, sobre a qual se depositaram os sedimentos terciários, estaria representado no município de Santa Cruz, onde ocorrem couraças lateríticas submersas que durante a maré baixa ficam emersas. Em outras áreas, como nas proximidades da foz do rio Itaúnas, os sedimentos terciários entram em contato com os depósitos de planícies marinhas quaternárias através de falésias (Mendes *et al.*, 1987).

Atividade magmática acompanhou o desenvolvimento tectônico da região, manifestando-se através de intrusões e/ou extrusões de rochas ígneas em duas fases principais. A primeira ocorrida durante o pré-Aptiano é registrada na forma de intrusões de 5 a 55 m de espessura na bacia sedimentar do Espírito Santo (Asmus *et al.*, 1971). A segunda, provavelmente ligada à zona de fratura do assoalho oceânico, produziu efeitos consideráveis na plataforma continental adjacente ao litoral capixaba, modificando sua extensão com a acreção de uma área com cerca de 25.000 km², o banco de Abrolhos. Segundo Cordani (1970, *apud* Cordani, 1973), as idades destas atividades magmáticas podem ser estendidas desde o Cretáceo superior até o Eoceno inferior a médio. Entretanto, é aceitável esperar que na porção mais a oeste tenha se iniciado já no Aptiano, atuando ao longo de uma fratura, com progressiva migração para leste (Asmus *et al.*, 1971).

Durante o Quaternário, a evolução do litoral teve início no limiar do Pleistoceno, com a ocorrência da flexura continental que provocou o arqueamento da superfície pós-Barreiras, fato sugerido anteriormente por King (1956). Posteriormente, Barbosa *et al.* (1975, *apud* Mendes *et al.*, 1987) comprovaram este fato, porém demonstraram que a direção desta flexura varia de local a local, não apresentando homogeneidade e paralelismo admitidos anteriormente por King.

2.4.2 As rochas pré-cambrianas da região serrana

Compondo a região serrana, na porção norte do Estado do Espírito Santo, são identificadas duas grandes unidades de rochas pré-cambrianas, a primeira constituída por gnaisses migmatíticos e rochas graníticas e a segunda composta por gnaisses kinzigíticos e núcleos de charnoquitos (Coutinho, 1974a).

O caráter polimetamórfico apresentado por estas rochas sugere a ação de eventos metamórficos relacionados a vários ciclos orogênicos, entre os quais tem-se o Transamazônico e o Brasileiro, bem como fenômenos anorogênicos, associados a importante tectonismo de fratura (Cordani, 1973).

Os gnaisses migmatíticos, da porção ocidental (Fig. 2-5), apresentam-se bem orientados, com gnaissificação uniforme e por vezes bandamento nítido, caracterizando gnaisses fitados e/ou migmatitos. A composição mineralógica varia entre granítica e granodiorítica, apresentando associação de quartzo-microclínio-plagioclásio (oligoclásio)-biotita e quantidades inferiores de hornblenda (Cordani, 1973).

Os gnaisses kinzigíticos, da faixa oriental, apresentam quantidades de biotita inferiores às dos gnaisses migmatíticos normais. Assim as faixas xistosas e as concentrações biotíticas pouco regulares conferem às rochas aspecto migmatítico difuso e nebulítico. A granada é um constituinte normal, especialmente em algumas intercalações hololeucocráticas, quando sem biotita. Apresentam textura granoblástica-xenoblástica e associações mineralógicas do tipo quartzo-plagioclásio-feldspato-potássico-granada-biotita-cordierita-sillimanita (Coutinho, 1974a). Núcleos granulíticos, representados pelas rochas charnoquíticas, aparecem nas proximidades de Barra de São Francisco e Itapina, no interior da unidade de gnaisses kinzigíticos (Fig. 2-5).

A partir de relações texturais e mineralógicas é possível atribuir às rochas kinzigíticas e charnoquíticas maior grau de metamorfismo e correlacionar a formação destas ao Ciclo Transamazônico, mas com rejuvenescimento durante o Ciclo Brasileiro. Entretanto, não se pode excluir a hipótese de que, pelo menos em parte, estes gnaisses representem material formado durante o próprio ciclo Brasileiro e metamorfoseado em grau mais elevado (Cordani, 1973). Os gnaisses graníticos da faixa interior são correlacionáveis com os da Serra do Mar, formados durante o ciclo Brasileiro.

Geomorfologicamente, estas rochas estão associadas à região serrana, formando terras altas submetidas à intensa atividade erosiva. Os vales são encaixados e a rede de drenagem reflete um padrão dendrítico-retangular multidirecional. (Bandeira *et al.*, 1975).

O embasamento mais interno apresenta manto de intemperismo raso, devido ao relevo altamente acidentado, enquanto que o externo encontra-se recoberto por depósitos terciários da Formação Barreiras.

FIGURA 2-5 Mapa geológico esquemático da região costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória segundo Cordani (1973).

2.4.3 - Os tabuleiros da Formação Barreiras

Como Formação Barreiras costumam ser designados os sedimentos de origem continental, pouco consolidados, que estão dispostos em estreita faixa ao longo da área costeira, desde o Estado do Rio de Janeiro até o Pará, invadindo ainda o vale do Amazonas (Bigarella & Andrade, 1964).

Apesar da grande cobertura territorial destes sedimentos, faltam ainda estudos sistemáticos e detalhados que determinem, com segurança, classificação estratigráfica, origem e idade. Mabesoone *et al.* (1972) sugerem que “o Barreiras não pode ser reconhecido como unidade litoestratigráfica com localidade típica”. Bigarella & Andrade (1964) e Bigarella (1975), em trabalhos na porção da Região Nordeste, identificam diferentes formações, o que confere a estes sedimentos terciários a designação de grupo. Bandeira *et al.* (1975), estudando a porção capixaba e baseados na uniformidade litológica conferem a estes depósitos a designação de formação. Mais recentemente, ainda na porção do Espírito Santo, Amador & Dias (1978) e Amador (1982a, 1982b) destacam a impraticabilidade da extensão das unidades litoestratigráficas caracterizadas no Nordeste para todas as áreas de ocorrência do Barreiras.

Amador & Dias (1978) identificaram três seqüências sedimentares no Espírito Santo, onde estes depósitos possuem significativa expressão na zona costeira (Fig. 2-6). A primeira recobre a área de Guarapari-Marataízes sendo representada por uma unidade provavelmente mais nova (Barreiras superior) em contato direto com o embasamento. Em torno de Vitória, abrangendo os municípios de Cariacica, Fundão, Ilha e Nova Almeida, existe uma seqüência basal, capeada por depósitos provavelmente mais novos. A terceira região, situada no norte do Estado (prolongando-se até o sul da Bahia), entre os rios Mucuri e Itaúnas mostra situações bem distintas. A parte basal mais antiga é constituída por camadas tabulares de arenitos arcoseanos silicificados. Uma fina capa de sedimentos provavelmente mais novos cobre discordantemente a unidade. Estas camadas sedimentares muito se assemelham com as descritas por Mabesoone *et al.* (1972) no Nordeste do país.

A partir dos aspectos texturais (granulometria, seleção, caráter morfooscópico e morfométrico) e mineralógicos dos sedimentos, Mabesoone *et al.* (1972), sugerem tratar-se de sedimentos depositados por águas correntes, principalmente em ambiente

fluvial. Os grãos subangulosos encontram-se geralmente sem orientação na matriz argilosa.

Bigarella (1975), baseado no reconhecimento de discontinuidades erosivas e ainda nas características texturais e mineralógicas dos sedimentos, sugere que a Formação Barreiras teria sido depositada entre clima úmido a semi-árido, em forma de leques aluviais, quando o nível do mar situava-se entre 100 a 200 m abaixo do atual. Amador & Dias (1978) interpretam estes sedimentos como originados em sistemas fluviais entrelaçados em condições de clima seco.

FIGURA 2-6 Depósitos da Formação Barreiras na Estado do Espírito Santo. Amador & Dias (1978).

Devido à posição estratigráfica, em relação aos sedimentos datados e por inferência paleoclimática, em estudos na região Nordeste, Mabesoone *et al.* (1972) atribuem idade miocênica superior a pliocênica. Contudo a correlação entre a idade aproximada e as condições paleoclimáticas é dificultada pelo escasso conhecimento sobre a evolução do paleoclima cenozóico no hemisfério sul. Amador & Dias (1978) sugerem que a deposição tenha se estendido até o Pleistoceno, sem realizarem quaisquer datações absolutas.

Em geral, os sedimentos apresentam-se mal selecionados, com areias muito grossas a finas e subangulosas (Mabesoone *et al.* 1972).

Mineralogicamente, segundo Coutinho & Coimbra (1974), a Formação Barreiras no Espírito Santo se enquadra na assembléia andaluzita-monazita-sillimanita, associação típica do Estado, correlacionável aos granitos, granulitos e kinzigitos do ciclo orogênico brasileiro. A maior abundância de minerais ultra-estáveis (zircão, turmalina e rutilo) e a ausência de minerais instáveis como epidoto, granada, hiperstênio, titanita e hornblenda, indicam a maturidade mineralógica dos sedimentos da Formação Barreiras. A ocorrência de minerais instáveis na desembocadura do rio Doce e nas praias adjacentes atuais, segundo Coutinho (1974b), sugere a destruição dos minerais instáveis da Formação Barreiras após sua sedimentação, por soluções intra-estratais.

Hoje, na paisagem capixaba, estes depósitos apresentam-se em forma de tabuleiros, com superfície relativamente plana e com declividade de 1,2 km/m, rumo ao mar, obedecendo a inclinação imposta pelas estruturas escalonadas presentes na costa. A drenagem da área é feita por rios que apresentam padrões subparalelos e angulares. O padrão subparalelo é unidirecional e definido pelo gradiente inicial da superfície, enquanto que o angular corresponde à imposição de zonas de fraturamento (Bandeira *et al.*, 1975). Entre os rios exorreicos que entalham vales fundos e chatos sobre a Formação Barreiras destacam-se o Itaúnas, São Mateus, Doce, Piraquê e dos Reis Magos. Existem ainda pequenos riachos que cortam os tabuleiros e deságuam nas praias.

A Formação Barreiras está presente em toda porção centro norte deste Estado (Fig. 2-6), com largura decrescendo rumo ao sul. No extremo norte, próximo à divisa com a Bahia, a largura atinge aproximadamente 80 km e nas proximidades de Vitória, cerca de 13 km.

Na porção adjacente à planície deltaica do rio Doce, a superfície dos tabuleiros passa à planície quaternária através de uma pequena escarpa, como acontece nas regiões de Linhares e São Mateus, ou de modo transicional e quase imperceptível, como na região da lagoa do Durão e outras lagoas existentes entre Linhares e São Mateus. Na porção ao sul da planície deltaica, de Barra do Saí ao Município da Serra, imediatamente ao norte de Vitória, onde a planície quaternária é pouco desenvolvida, os tabuleiros terminam próximos à praia, em falésias. Ocasionalmente estes sedimentos, quando laterizados, formam couraças na praia e antepraia, sendo responsáveis pelo desenvolvimento de pequenas enseadas.

2.4.4 Planície Costeira

A planície costeira quaternária do Espírito Santo, compreendida no trecho do presente estudo, foi dividida em dois setores por Martin *et al.* (1996), com base em critérios fisiográficos. O primeiro setor, ao norte, corresponde à planície deltaica do rio Doce, entre Conceição da Barra e Barra do Riacho (Fig. 2-7), onde os depósitos quaternários encontram-se bem desenvolvidos. O segundo setor, que vai de Barra do Riacho às proximidades de Vitória, é caracterizado pelo pouco desenvolvimento dos depósitos quaternários ao pé das falésias da Formação Barreiras (Fig. 2-8). Entretanto, ao longo de alguns vales, como dos rios Piraquê, Piraquê-Mirim e dos Reis Magos, as formações quaternárias apresentam-se melhor desenvolvidas.

A evolução das planícies costeiras quaternárias na costa leste do Brasil está relacionada às variações eustáticas ocorridas no período. Dominguez *et al.* (1981) elaboram um esquema evolutivo das planícies litorâneas em função das variações eustáticas do Quaternário (Fig. 2-9).

O estágio 2-9A corresponde à fase de deposição da Formação Barreiras durante o Plioceno, quando o clima era mais seco e o nível do mar mais baixo que o atual. O estágio 2-9B representa a interrupção da deposição dos sedimentos da Formação Barreiras ocasionado possivelmente pelas características mais úmidas do clima.

FIGURA 2-7 Mapa geológico esquemático da planície do rio Doce. Martin *et al.* (1996).

FIGURA 2-8 Mapa geológico esquemático da planície costeira de Santa Cruz, Nova Almeida e Jacaraípe - ES. Martin *et al.* (1996).

A seguir ocorre a transgressão marinha mais antiga, (anterior à Transgressão Cananéia) e a formação das falésias em sedimentos terciários. Após o máximo alcançado por esta transgressão e, durante a regressão que se seguiu, o clima voltou a readquirir características semi-áridas, ocasionando a formação de novos depósitos continentais de leques aluviais (estágio 2-9C). O estágio 2-9D corresponde ao nível máximo alcançado pela penúltima transgressão (120.000 A.P. = Transgressão Cananéia). Esta transgressão erodiu parte dos sedimentos continentais e formou falésias e estuários. O estágio 2-9E corresponde ao evento regressivo subsequente à transgressão anterior (Dominguez *et al.*, 1981).

Nesta época foram construídos os terraços marinhos pleistocênicos. No estágio 2-9F, a última transgressão, Transgressão Santos, erodiu e afogou as planícies costeiras. Junto às desembocaduras fluviais, a rede de drenagem que havia se instalado nos terraços pleistocênicos, favorecida pela descida acentuada do nível de base que caracterizou o evento anterior, foi invadida pelo mar da mesma forma que foram escavados alguns vales na Formação Barreiras, dando origem a estuários e ilhas barreira. Atrás destas ilhas barreira instalaram-se sistemas lagunares nos quais as desembocaduras fluviais formaram deltas intralagunares (estágio 2-9G). O abaixamento de nível relativo do mar, que seguiu ao máximo transgressivo de 5.100 anos A.P., traduziu-se na formação de terraços marinhos, a partir da ilha barreira original, com a progradação da linha de costa (estágio 2-9H).

O maior desenvolvimento da planície deltaica do rio Doce está relacionado ao suprimento fluvial. Desembocaduras fluviais podem representar um obstáculo importante aos sedimentos transportados pela corrente de deriva litorânea, funcionando como se fossem molhes artificiais, agindo no sentido de bloquear os sedimentos transportados ao longo da costa a barlar e causar déficits a sotamar (Dominguez *et al.*, 1983). As alterações sazonais no rumo das correntes marinhas, com predomínio norte para sul, são portanto responsáveis pelo maior desenvolvimento da planície deltaica ao norte da desembocadura rio Doce.

FIGURA 2-9 Estágios evolutivos de sedimentação litorânea, por mecanismos eustáticos e paleoclimáticos, desde o fim do Terciário até hoje. Dominguez *et al.* (1981).

2.4.5 Plataforma continental

Na plataforma continental defronte ao Estado do Espírito Santo, podem ser reconhecidos dois compartimentos fisiográficos propostos por França (1979): o Bahia Sul - Espírito Santo, que se estende de Belmonte (BA) a Regência (ES) e o embaçamento de Tubarão, que começa em Regência e estende-se até Itapemirim (ES).

A primeira unidade é caracterizada por uma plataforma com largura média de 230 km, como resultado de atividades vulcânicas ocorridas entre o Cretáceo superior e Eoceno médio (Asmus *et al.*, 1971). Os produtos dessas atividades deram origem ao Banco de Abrolhos e ao arquipélago do mesmo nome (Fig. 2-10).

A faixa mais interna do banco, até a isóbata de 20 m, apresenta topografia suave devido à contribuição de sedimentos terrígenos holocênicos. A porção intermediária, entre as isóbatas de 20 e 50 m, apresenta-se com o topo plano e declividade média de 45 cm/km e a porção externa, entre as isóbatas de 50 a 80 m, apresenta-se mais íngreme (80 cm/km). Sobre esta última porção observam-se pequenos bancos, entrecortados por estreitos canais de paredes escarpadas. Pode-se supor que as seções de topo destes canais tenham sido preenchidas pelos escassos, porém contínuos produtos de aportes fluviais (França, 1979). São observadas também, incontáveis construções biogênicas, com predominância de algas calcárias e corais.

Na segunda unidade, a plataforma estreita-se consideravelmente. Observa-se a largura média em torno de 50 km e mínima de 40 km, na altura de Santa Cruz, 45 km ao norte de Vitória.

As feições mais notáveis deste trecho são as ravinas subparalelas que se estendem por 40 km ao sul de Regência, como incisões delgadas e marcantes na plataforma ao nível da isóbata de 60 m. Possivelmente estes estreitos vales teriam propiciado a movimentação submarina da carga sedimentar do rio Doce (França, 1979).

Quanto à composição mineralógica dos sedimentos, segundo Kowsmann & Costa (1979), a plataforma continental é recoberta principalmente por sedimentos carbonáticos, com teores de CaCO_3 superiores a 75%. Recobrando a plataforma continental de Salvador a Vitória foram identificadas por Melo *et al.* (1975) dez assembléias de bioclastos, com predomínio de algas coralinas, briozoários, moluscos e foraminíferos bentônicos.

FIGURA 2-10 Mapa batimétrico da plataforma continental de Salvador à Vitória. Melo et al. (1975).

Os bioclastos apresentam granulação grossa, variando entre areias e cascalhos. Estes últimos predominam sobretudo na plataforma externa. Os sedimentos terrígenos, compostos por areias e lamas, aparecem nas adjacências da foz dos rios São Mateus, Doce e Itaúnas (Kowsmann & Costa, 1979).

As suítes de minerais pesados da plataforma refletem proveniência da Formação Barreiras (Kowsmann & Costa, 1979) com contribuição locais de outras fontes, como da região serrana nas proximidades da desembocadura do rio Doce (Coutinho, 1974b).

III - MORFODINÂMICA PRAIAL

3.1 A terminologia utilizada para o perfil de praia

Devido à liderança norte americana em pesquisas de engenharia oceânica e geologia costeira, a maior parte da terminologia aqui utilizada tem origem na língua inglesa. A tradução de uma série de termos para o português esbarra em dificuldades, principalmente nas terminologias dos subambientes de um perfil de praia.

Suguio (1992) apresentou grande contribuição reunindo quatro outras propostas de terminologias (Almeida, 1955; Ottman, 1965, Bigarella *et al.*, 1966 e Ingle Jr., 1966 *apud* Suguio 1992) para apresentar uma própria proposta.

Os limites propostos por Suguio (1992) para as subunidades de um perfil de praia aproximam-se, não inteiramente, dos propostos por Davis (1985), (Fig. 3-1 A). Feições destacadas por este autor, também indicadas por Pethick (1984) para a mesma posição da praia, como *beach face*, cuja tradução pode ser *face da praia* (Muehe, 1994), não está incluída em Suguio (1992). Para a mesma feição, Suguio utiliza o termo *escarpa praial*, provavelmente baseando-se em *beach scarp* de Shepard (1973). Os limites entre as subunidades praiais podem coincidir, contudo o mesmo não acontece com a terminologia utilizada.

O limite e tradução de *backshore* (Fig. 3-1A) como pós-praia são coincidentes em Suguio (1992) e Muehe (1994).

Como *foreshore* (Fig. 3-1A), Suguio (1992) reconhece a porção da praia situada entre o limite superior de preamar e a linha de baixa mar e adota a tradução para português de antepraia.

A *shoreface* é uma das principais subunidades que apresenta divergências quanto ao limite e a designação. Baseando-se na descrição de Niedoroda *et al.* (1985), a *shoreface* seria o trecho compreendido entre o término da zona da arrebentação e a plataforma continental interna. Para este mesmo trecho Davis (1985) adota a designação de *nearshore*. Muehe (1994), baseando-se em Swift (1976, *apud* Muehe 1994), considera *shoreface* como todo o prisma praial submerso, iniciando a partir da face da praia (*beachface*) até a plataforma continental interna e adota a tradução de antepraia, a mesma utilizada por Suguio

(A)

(B)

FIGURA 3-1 (A) Subdivisão e terminologia transversal do perfil de praia proposto por Davis (1985); (B) Subdivisão e terminologia do perfil praial modificado de Davis (1985) e proposto no presente trabalho. Destaca-se a introdução das terminologias antepraia superior e antepraia inferior para designar *foreshore* e *nearshore*, respectivamente.

para designar a *foreshore*. Como tradução ao termo *shoreface*, Suguio (1992) propõe face praial, que assemelha-se com face da praia (*beach face*) apresentado por Muehe (1994).

No presente trabalho serão adotados os limites propostos por Davis (1985). A delimitação espacial da *foreshore*, definida por Suguio (1992), faz-se necessária para localizar espacialmente os processos hidrodinâmicos ocorrentes na maioria das praias da área de estudo, onde imediatamente antes da face da praia (*beachface*) encontra-se um terraço sobre o qual, dependendo do nível da maré, pode estar sendo desenvolvida a zona de surfe e/ou a zona de arrebentação. Quanto às traduções dos termos, serão adotadas aquelas que acredita-se serem as mais usualmente aceitas no meio científico brasileiro, como pós-praia para *backshore* e face da praia para *beachface*. Serão introduzidos os termos antepraia superior para designar a *foreshore* e antepraia inferior para designar a *shoreface* delimitada por Niedoroda *et al.* (1985) (Fig. 3-1B). O termo antepraia, quando empregado, corresponderá às antepraias superior (*foreshore*) e inferior (*nearshore*) (Fig. 3.1A).

3.2 Um pequeno histórico sobre a variabilidade topográfica e sedimentológica de praias

A partir da Segunda Guerra Mundial, observou-se rápida expansão nas pesquisas sobre os diversos aspectos do ambiente costeiro, através de observações meteorológicas, de onda, de maré, de sedimentos (transporte e deposição) e de variação topográfica do perfil de praia (Hardisty, 1990).

Um dos primeiros resultados deste esforço foi o estabelecimento do ciclo natural do perfil de praia, apresentado por Shepard (1950, *apud* Hardisty, 1990). Shepard observou migração de areias para a antepraia inferior durante condições de tempestade, formando barras longitudinais. Com o fim da tempestade a barra migraria e seria incorporada novamente ao berma praial.

Baseando-se neste modelo de ciclo de praia seguiram-se vários outros, dentre os quais podem ser destacados os trabalhos de Bruun (1962), Sonu & Van Beek (1971) e Davis & Fox (1978). As alterações meteorológicas ocorrentes no hemisfério norte, em

função das estações do ano, são muito provavelmente as responsáveis pela ampla aceitação do modelo de ciclo praial e dos termos associados, tais como perfil de inverno e perfil de tempestade.

Quanto à adaptação do perfil praial às alterações do nível marinho destaca-se o trabalho de Bruun (1962). Com a possibilidade da atual subida do nível do mar em função do aquecimento global, o modelo proposto por este autor pode ser considerado como o provável comportamento dos perfis praias. O modelo indica que a erosão do berma causada pela elevação do nível do mar, corresponderia a um acúmulo na antepraia desenvolvendo um perfil adaptado ao novo nível marinho. Este equilíbrio se daria na mesma proporção, isto é, o berma erodido estaria mais recuado e alto que o anterior, na mesma proporção que a antepraia estaria mais recuada e alta. Assim a profundidade da antepraia em relação a nova topografia do perfil emerso seria a mesma. Contudo acredita-se que a possibilidade de adaptação do perfil praial diante à alteração do nível do mar, irá variar de praia para praia, já que nem todas as praias possuem estoque de sedimento na porção emersa e/ou ausência de correntes ativas na antepraia, para possibilitar a adaptação.

Considerando que a forma de um perfil praial é função de inúmeros parâmetros sedimentares e energéticos e que em determinado momento o perfil apresenta-se em equilíbrio, Sonu & Van Beek (1971) construíram uma matriz de combinações possíveis de configurações de perfil praial e obtiveram seis configurações mais recorrentes. No processo de alteração da configuração do perfil praial, o estado antecedente é de fundamental importância.

Segundo Davis & Fox (1978), a variação do perfil praial obedece às estações do ano, com a formação de *perfil de concavidade voltada para cima* ou *perfil de inverno*, no inverno e, de *perfil de convexidade voltada para cima* ou *perfil de verão*, durante o verão. Embora estes pesquisadores atribuam a variação do perfil praial à sazonalidade, destacam que a formação e destruição de praias e barras não é um fenômeno unicamente sazonal, sendo também controlada pela intensidade, frequência e processos gerados pelas tempestades. Já na década de 80, em trabalhos realizados em praias norte-americanas, Carr *et al.* (1982) observaram que os ciclos de erosão e deposição ocorrem em intervalos irregulares, sendo mais frequentes em algumas estações do ano, no caso do trabalho destes autores, no inverno e no outono. A construção durante o verão e a erosão no inverno não foram observados.

A introdução dos elementos oceanográficos e sedimentares no comportamento praial data da década de 30, quando se destaca o trabalho de Evans (1939). Já em 1951, Bascom relacionou as variações do mergulho da face da praia (*beach face*), à esbeltez da onda (H/L sendo H = altura e L = comprimento da onda), observando concomitantemente o comportamento destrutivo e/ou construtivo do perfil e a variação da granulometria das areias. A partir de então seguiram-se diversos trabalhos correlacionando os elementos topográficos, oceanográficos e sedimentológicos à dinâmica de praia. Foram introduzidos conhecimentos sobre o comportamento das ondas e correntes em águas rasas, o comportamento hidráulico dos grãos de quartzo e as respostas topográficas (King, 1972; Komar, 1976, 1977 e 1983).

3.3 Morfodinâmica praial da escola australiana

3.3.1 Aspectos gerais

As variáveis da erosão dos perfis praias têm sido atribuídas aos graus de esbeltez das ondas, às velocidades de decantação dos sedimentos e às declividades da praia, além da topografia preexistente. Em meados da década de 70, um grupo de pesquisadores, ligado à universidade australiana, iniciou estudos objetivando a compreensão da dinâmica na zona de surfe e sua responsabilidade nas feições da praia adjacente (Short, 1975; Wright *et al.*, 1977, 1979). Neste último trabalho são apresentados seis estados morfodinâmicos de praias: o dissipativo e o reflexivo e quatro intermediários (Fig. 3-2).

Os trabalhos de Short (1979;1988;) Wright *et al.* (1982, 1985) e Wright & Short (1983, 1984) destacam a complexidade da dinâmica na zona de surfe. Além das ondas incidentes, de caráter oscilatório, os pesquisadores admitem a existência de ondas de diferentes frequências, de caráter quase-oscilatório (*ondas estacionárias e ondas de borda*) na definição da morfologia das praias. A interação das ondas incidentes e as de caráter quase-oscilatório com as correntes de retorno (*rip currents*), longitudinais (*longshore currents*), locais, geradas por ventos locais, e correntes de marés (*tidal currents*) desenvolvem um complexo fluxo dando origem a diferentes comportamentos morfodinâmicos. Wright *et al.* (1986, 1987) e Short (1991) salientam ainda a

importância das amplitudes da maré e dos fluxos associados no desenvolvimento de praias dissipativas e refletivas.

A energia resultante varia de uma praia a outra, ou mesmo até entre diferentes trechos de uma mesma praia, conforme a orientação da estrutura geológica, conseqüentes diferentes graus de exposição à ação das ondas e à disponibilidade e textura dos sedimentos. As características físicas locais são fundamentais na determinação do estado modal da praia, bem como de sua variabilidade. Segundo Wright & Short (1983), muito dificilmente uma praia, ou trecho de praia, passará por todos os seis estados morfodinâmicos propostos. O estado morfodinâmico precedente é fundamental nos fluxos aquosos e no transporte de sedimentos que determinarão a sua evolução para um próximo estado morfodinâmico.

3.3.2 Os estados morfodinâmicos

Os estados morfodinâmicos de uma praia, segundo Wright *et al.* (1979), podem ser determinados pelo parâmetro ε (*surf scaling parameter*):

$$\varepsilon = a_1 \omega_2 / g \tan \beta \quad (3.1)$$

onde:

a_1 = amplitude da onda na arrebentação ($H_b/2$),

ω_2 = frequência de radiano da onda ($2 \pi / T$),

sendo T , o período da onda incidente;

g = aceleração da gravidade

β = gradiente da praia e da zona de surfe.

FIGURA 3-2 Estados morfodinâmicos das praias segundo Wright *et al.* (1979, *apud* Muehe, 1994). Observa-se os estados dissipativo, intermediários de banco e calha longitudinal, banco e praia de cuspide, bancos transversais, terraço de baixa-mar e refletivo.

Quando $\varepsilon < 1.0$, a praia deve ser considerada altamente refletiva, sendo caracterizada por ondas frontais (*collapsing*).

Quando $\varepsilon \leq 2.5$, a praia deve ser considerada refletiva com ondas ascendentes (*surging*).

Quando $2.5 < \varepsilon < 20$ as praias devem ser consideradas intermediárias e quando $\varepsilon \geq 20$, a praia é considerada dissipativa, sendo caracterizada por ondas deslizantes (*spilling*).

As relações entre os estados morfodinâmicos de uma praia e as características das ondas e dos sedimentos foram estabelecidas por Wright & Short (1984), utilizando o parâmetro ômega (Ω) de Dean (1973, *apud* Wright & Short 1984):

$$\Omega = Hb / ws T \quad (3.2)$$

onde:

ws = velocidade de decantação do sedimento.

Os seguintes valores limites médios de Ω , para os diversos estados, foram fixados por Wright *et al.* (1985):

Estado refletivo = $\Omega \leq 1.5$;

Estado intermediário de terraço de baixa-mar = $\Omega \cong 2.40$;

Estado intermediário de bancos transversais = $\Omega \cong 3.15$;

Estado intermediário de banco e praia de cúspide = $\Omega \cong 3.50$;

Estado intermediário de banco e calha longitudinal = $\Omega \cong 4.70$

Estado dissipativo = $\Omega > 5.5$

O estado morfodinâmico dissipativo ($\epsilon = 20 - 200$) é representado por praia emersa e zona de surfe de baixa declividade e bem larga, submetida à ação de ondas deslizantes (*spilling*) e com sedimentos finos. Ondas estacionárias e infragravitacionais estão comumente presentes Muehe (1994).

O estado morfodinâmico refletivo ($\epsilon < 2,5$), é representado por uma praia de alta declividade praticamente sem zona de surfe, submetida a ondas ascendentes, (*surging* ou *collapsing*) sendo constituídas de sedimentos grossos. As ações de ondas incidentes e infragravitacionais são predominantes. Os processos dinâmicos praias são intensificados com a formação de cúspides.

Os quatro estados intermediários exibem simultaneamente características dissipativas e refletivas. Foram reconhecidos por Wright *et al.* (1979) os estados morfodinâmicos com barra e calha longitudinal (*longshore bar and trough*), com barra e praia rítmicos (*rhythmic bar and beach*), com barra transversal e corrente de retorno (*transverse bar and rip*) e com terraço de baixa-mar (*low tide terrace*). Em conjunto os estados intermediários formam uma sequência cíclica de transferência do aporte sedimentar da praia para a zona submersa, durante fases de alta energia das ondas e, da zona submersa para a praia durante fases de menor energia das ondas. A dissipação aumenta com o incremento da altura da onda e com a diminuição da declividade do fundo, enquanto que a reflexão aumenta com a maior declividade da zona de surfe, resultado da transferência dos sedimentos da zona submersa para a praia (Muehe, 1994).

Conforme Muehe (1994), dessas fases praias propostas por Wright *et al.* (1979.), os estados intermediários com banco e calha longitudinais (*longshore bar and trough*) e com banco e praia rítmicos (*rhythmic bar and beach*) podem se desenvolver a partir de um perfil dissipativo numa sequência acrecional do perfil praial. A face da praia é mais íngreme do que no perfil dissipativo mas, diferente do estado dissipativo, as ondas apresentam duas zonas de arrebentação, uma antes do banco e outra após a calha. A face da praia mais íngreme apresenta, localmente, características refletivas. Ondas de baixa esbeltez (H/L) se espalham na face da praia, ao passo que ondas mais esbeltas sofrem colapso nas proximidades da base da face praial. O desenvolvimento de cúspides praias na porção emersa é freqüente.

O estado com barra transversal e corrente de retorno (*transverse-bar and rip*) se desenvolve preferencialmente, em seqüências acrecionais quando as barras se juntam à face da praia. A morfologia resultante é uma alternância lateral entre bancos transversais à praia, com características dissipativas e embaíamentos mais profundos com características refletivas. Correntes de retorno atingem maior desenvolvimento neste estado (Muehe 1994).

O estado com terraço de baixa-mar (*low tide terrace*) é caracterizado por uma acumulação plana de areia, no nível de baixa-mar ou um pouco abaixo. Sobre o terraço, por ocasião da baixa-mar, a praia apresenta-se moderadamente dissipativa e durante a preamar apresenta-se refletiva. Correntes de retorno de baixa velocidade podem estar presentes (Muehe, 1994).

Segundo Wright *et al.* (1979), a distinção entre os estados dissipativo e reflexivo é estabelecida não somente pelas diferenças de largura da zona de surfe, mas também pela hidrodinâmica da zona submersa. Esta hidrodinâmica, por sua vez, é resultado dos elementos energéticos e/ou sedimentares envolvidos no momento da observação.

3.4 Considerações finais

Apesar da reconhecida importância dos elementos geológicos e geomorfológicos, das correntes litorâneas, da direção das ortogonais das ondas incidentes, entre outros elementos, na definição do estado morfodinâmico da praia, eles não têm sido considerados na determinação de ε e Ω . Deste modo, os valores desses parâmetros provavelmente estão falseados e não expressam o comportamento morfodinâmico real. Muehe (1994) destaca a existência de desequilíbrios entre o valor de Ω e o estado morfodinâmico observado no campo.

A velocidade de decantação dos grãos de areia no meio aquoso é muito importante na definição dos estados morfodinâmicos da praia, porém são quase sempre ignoradas situações tão freqüentes no campo, como diferenças de composição mineralógica dos grãos de areia.

Apesar de existirem dificuldades de aplicação, a metodologia proposta pela escola australiana representa uma interessante contribuição aos estudos de dinâmica de praia por introduzir processos atuantes na zona de surfe e por integrar os

conhecimentos adquiridos desde a década de 50. O reconhecimento dos prováveis parâmetros e o estabelecimento de denominações aos tipos de estados morfodinâmicos praias constitui grande mérito dos pesquisadores australianos, que melhoraram a comunicação entre os estudiosos desta área do conhecimento.

IV - RELAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS E MINERALÓGICAS DOS SEDIMENTOS E A HIDRODINÂMICA

4.1 Os litoclastos

Os sedimentos marinhos apresentam grãos que variam em tamanho, densidade, forma e natureza. Quando submetidos à energia das ondas e correntes, suas características físicas irão determinar a suscetibilidade dos grãos de serem colocados em condição limite (*threshold*), à mobilização seletiva (*selective entrainment*), e ao transporte e deposição seletivos (*selective deposition*). As propriedades físicas dos grãos também determinarão as energias necessárias para a atuação destes processos.

Grande parte do conhecimento sobre os processos costeiros foi adquirida através de inferências sobre o comportamento hidráulico dos grãos em praias formadas por um único mineral, com mesma densidade, como em praias de areias essencialmente quartzosas ($\rho=2,65$), ou em praias formadas por duas populações sedimentares, cujas características físicas sejam bem definidas. As complexidades e as limitações da extrapolação na aplicação de modelos de sedimentação aumentam com o incremento da variedade de composição, forma, densidade e tamanho dos grãos, e ainda com a existência de fontes de sedimentos distintas atuando em escalas temporais e espaciais diferentes.

A composição dos sedimentos em uma região costeira é dependente da interação do fluxo com as características físicas dos sedimentos mas, também depende, da disponibilidade dos sedimentos, tornando a interpretação dos processos atuantes muitas vezes limitada a uma única região.

A análise granulométrica e a interpretação dos parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica de sedimentos compostos de grãos de quartzo têm sido bastante exploradas permitindo aplicações e interpretações em sistemas costeiros.

Evans (1939) e McCave (1978), após estudos experimentais, observaram que as granulometrias das partículas de quartzo variam ao longo da corrente longitudinal, ocorrendo o engrossamento nos diâmetros dos grãos no sentido de movimentação da corrente. Este comportamento granulométrico se dá devido à progressiva perda de

sedimentos finos, que ficam retidos na praia pelo processo de espraçamento. Komar (1977), em experimentos na praia de El Moreno (México), também observou o incremento do diâmetro dos grãos no sentido do transporte de sedimentos pela corrente longitudinal, desde que a ação das correntes mobilize e transporte os sedimentos da carga de fundo. Segundo Komar (1977), o aumento do tamanho dos grãos de areia está relacionado à maior velocidade da corrente, que possibilita transporte de fundo. Com a diminuição da velocidade, o transporte é feito por suspensão, com sedimentos de diâmetros menores, o que gera uma tendência à diminuição do diâmetro no sentido do transporte de sedimentos pela corrente longitudinal. As partículas que se movimentam menos e com menor velocidade são àquelas submetidas a correntes com velocidades intermediárias para o transporte por tração e suspensão, isto é, grãos com diâmetros intermediários. Bittencourt *et al.* (1991), testando as constatações de Komar para o esporão de Cacha Pregos (BA), destacaram a importância da energia das correntes, a textura e o volume dos grãos disponíveis para explicar as diferenças constatadas na distribuição granulométrica dos grãos para a praia estudada. Tanto Komar (1977) quanto Bittencourt *et al.* (1991) destacam a limitação da aplicação de modelos de transporte de sedimentos em praias com diferentes aspectos físicos.

McLaren (1981) sugere que, desde que exista somente uma área fonte de areias, com distribuição granulométrica conhecida, é possível inferir o sentido do transporte de sedimentos ao longo da corrente longitudinal. A partir de uma fonte hipotética, com distribuição granulométrica simétrica, o sedimento em transporte será mais fino, melhor selecionado e assimétrico para o lado dos grossos, e o sedimento residual mais grosso, melhor selecionado e assimétrico para o lado dos finos. Os sedimentos finais obedecerão à deposição seletiva, isto é, serão influenciados pela energia das correntes, podendo resultar em distribuição com diâmetro médio mais grosso ou mais fino que o sedimento de origem, porém com melhor selecionamento e assimetria positiva. Muehe & Carvalho (1993) aplicaram o modelo proposto por McLaren (1981), com sucesso, para determinar o sentido de transporte de parte da plataforma continental interna no Estado do Rio de Janeiro, onde a formação do sistema de laguna-ilha barreira da Laguna de Araruama faz da plataforma a única fonte atual de sedimentos (Muehe & Sucharov, 1981).

A variação dos diâmetros dos grãos e dos parâmetros estatísticos tem sido utilizada na distinção e na identificação dos processos atuantes em ambientes

deposicionais costeiros (Friedman, 1961; Biederman, 1962; Sahu, 1964, Sutherland & Lee, 1994). O reconhecimento dos processos atuantes na distribuição dos diâmetros dos grãos ao longo de um perfil transversal à praia, foi realizado por Ingle (1966) e Muehe & Dobereiner (1977), quando foi observado que, devido à maior energia das ondas os grãos maiores são encontrados na arrebentação, enquanto que os intermediários ficariam retidos na porção emersa e os finos na porção além arrebentação.

A forma dos grãos são também importantes quando se têm minerais com a densidade e tamanho iguais (Briggs *et al.*, 1962).

Considerando as diferentes densidades apresentadas pelos minerais pesados e sua presença comum em sedimentos quartzosos, Rubey (1933) desenvolveu o conceito de *equivalência hidráulica*, baseando-se em experimentos de laboratório. Segundo Rubey, partículas com as mesmas velocidades de decantação se depositam ao mesmo tempo, portanto os minerais pesados, mais densos e menores se depositam juntamente com grãos maiores e menos densos de quartzo. A velocidade de decantação dos grãos na compreensão do comportamento hidráulico é então valorizada. Komar & Wang (1984) e Komar *et al.* (1989), em análise das praias atuais estudando o comportamento hidráulico dos minerais pesados, concluíram que na verdade a mobilização preferencial seria a responsável pela deposição seletiva, já que grãos mais densos e menores estariam depositados nas camadas inferiores, o que provocaria o transporte por tração dos sedimentos mais leves e mais grossos.

Miyata (1989) realizou um experimento com três minerais de diferentes composições (quartzo, feldspato potássico e plagioclásio) e observou a eficiência do transporte seletivo sobre a velocidade de decantação e mobilização seletiva na deposição final. Segundo Komar e Clemens (1986), a densidade não só afeta a velocidade de decantação das partículas, mas também a mobilização seletiva pelas correntes.

As relações entre as propriedades físicas (tamanho, densidade e forma) e a hidrodinâmica (velocidade da corrente) tornam mais complicadas em sedimentos compostos por mais de um mineral como, por exemplo, quartzo e carbonato.

4.2 Os bioclastos

4.2.1 Composição mineralógica

Os grãos carbonáticos são compostos, em sua grande maioria, por esqueletos de organismos, em geral fragmentados e transportados após sua morte. A contribuição de carbonatos por precipitação inorgânica na água do mar é insignificante na maioria dos ambientes deposicionais (Chave, 1962). Os esqueletos e os sedimentos deles derivados são compostos pela calcita, aragonita e calcita magnesiânica (baixa concentração = < 4% até alta concentração = 10 a 18%) (McLane, 1995).

Segundo Chave (1962), os carbonatos dos organismos marinhos são minerais instáveis e apresentam fases de instabilidade, muitas vezes relacionadas ao diâmetro do grão. Stehli & Hower (1961) sugerem que a aragonita seria mais freqüente em águas rasas, isto é, profundidades onde o fundo é atingido pelas ondas, enquanto a calcita estaria presente preferencialmente em águas profundas. Esta distribuição pode refletir os organismos que habitam estes distintos ambientes energéticos ou pode refletir os processos diagenéticos, que agem primeiro em águas rasas.

Quanto à densidade, os fragmentos de carbonatos são, em geral, mais densos que o quartzo ($\rho = 2,65 \text{ g/cm}^3$), sendo na aragonita $2,95 \text{ g/cm}^3$, e na calcita entre $2,60$ e $2,80 \text{ g/cm}^3$.

4.2.2 Composição biológica

4.2.2.1 Origem, produção e fragmentação

Águas quentes e rasas, de regiões tropicais e subtropicais, são propícias à produção de abundantes materiais bioclásticos. A ausência de fatores inibidores à produção desses materiais, tais como, alterações de salinidade, criação de ambiente anóxico e contaminação por lama terrígena, podem propiciar a formação de recifes, que segundo McLane (1995), correspondem a duras massas de carbonato de cálcio erguidas por uma grande variedade de organismos marinhos. As mesmas condicionantes ambientais que possibilitam a formação de um recife de corais

favorecem as incrustações de organismos coralinos, briozoários, foraminíferos e algas associadas sobre afloramentos rochosos ou sedimentares.

Como o recife, as incrustações são construídas em águas rasas afetadas pelas ondas e correntes de marés e, localmente, pela dinâmica da zona de surfe. A ação das ondas e das correntes, juntamente com a bioerosão, causa a fragmentação dos recifes, formando detritos que são incorporados aos sedimentos das praias e da zona submersa próxima e retrabalhados pela dinâmica praias. A natureza dos sedimentos bioclásticos é mais diversificada que a de sedimentos clásticos terrígenos.

Os fragmentos bioclásticos são geralmente compostos por carapaças de moluscos, cracas, foraminíferos, briozoários, corais, algas, pelotas fecais e tubos de vermes (Folk & Robles, 1964; Farrow *et al.*, 1984; Carr *et al.*, 1991). A diversidade dos organismos depende das condições físico-químicas e da dinâmica das águas no ambiente marinho associado.

Chave (1964, *apud* Merefield, 1984) sugere que a composição dos esqueletos remanescentes de um depósito sedimentar é também controlada pela resistência das testas durante a abrasão. Algas porosas, equinodermas e briozoários são desgastadas mais rapidamente que as conchas compactas dos moluscos. Já, segundo Maiklem (1968), a distribuição inicial dos fragmentos carbonáticos é determinada pela abundância e pelas taxas de produção e de fragmentação, mas os efeitos hidrodinâmicos serão responsáveis pela composição final do depósito, conforme as propriedades físicas dos grãos como forma, densidade, tamanho e angulosidade. Young & Mann (1985), analisando a erodibilidade dos bioclastos, sugerem que ela dependa da velocidade do fluxo, da rugosidade e coesão do fundo e, por fim, da densidade, tamanho e forma dos grãos.

4.2.2.2 Forma dos bioclastos

Devido à grande diversidade de composição biológica e à ação de vários processos de fragmentação, os bioclastos apresentam as mais diferentes formas, que serão determinantes na velocidade de decantação, na capacidade do grão ser colocado em movimentação e no transporte e deposição seletivos.

Experimentos simples, em tubo de sedimentação, demonstraram que a forma e a densidade dos bioclastos são importantes fatores que afetam a distribuição dos

sedimentos. Maiklem (1968) reconheceu quatro formas de grãos, segundo seus diferentes comportamentos durante a queda (Fig. 4-1), que são os blocos, bastões, placas e esferas.

Os blocos são grãos eqüidimensionais, com algumas irregularidades na superfície, sendo representados por fragmentos de corais, algas coralinas e alguns fragmentos de molusco pequenos. Os grãos em bastão são representados por alguns foraminíferos, como o *Alveolinella*, por gastrópodes, fragmentos de corais e espinhos de esqueletos. As placas são representadas por fragmentos de alga calcária *Halimeda* e conchas de bivalves. Partículas esféricas são raras em fragmentos bioclásticos (Maiklem, 1968).

FIGURA 4-1 Tipos de queda de sedimentos bioclásticos devido suas formas em blocos, bastões, placas e esferas, segundo Maiklem (1968).

O tamanho do bloco influencia o tipo de movimento durante a queda, pois grãos menores ($< 3\text{mm}$) tendem à queda mais direta, enquanto que grãos maiores (3 a 4 mm) apresentam também movimentos laterais. Maiklem (1968) relaciona as diferenças de comportamentos dos grãos de diâmetros menores à menor angulosidade e rugosidade, que faz com que a influência da viscosidade da água seja menor. Os bastões oscilam levemente em torno de seu eixo horizontal, enquanto que as placas caem quase que diretamente, com leves movimentos laterais quando maiores.

A partir do trabalho de Maiklem (1968), Braithwaite (1973) reconhece quatro tipos de movimentos de queda prováveis para partículas bioclásticas: (a) a decantação direta (*straight fall*), quando os grãos alinham-se verticalmente, com a maior concavidade do grão, quando existente, para cima. Quanto ao comportamento de queda de bivalves, Allen (1984) sugere que a baixa simetria e a marcante convexidade ou concavidade destas partículas determinam suas velocidades de queda. Em experimentos com mobilização de bivalves identificou a importância da posição da concha de bivalve na velocidade de transporte, concavidade para cima indicaria menor velocidade e concavidade para baixo seria sugestiva de maior velocidade de queda; (b) decantação rotativa (*spinning*) - quando os grãos descem verticalmente desenvolvendo suave movimento de rotação em volta de seu próprio eixo; (c) a decantação espiralada (*spiral mode*), o eixo de rotação do espiral é externo ao grão e (d) decantação instável - quando a velocidade da espiral é tão alta que torna a queda instável.

Braithwaite (1973) conclui que o reconhecimento do tipo de queda devido à forma é mais efetivo para a compreensão dos aspectos hidrodinâmicos do que pelas diferentes naturezas do grão e, reconhece ainda a importância do tamanho da partícula na forma e consequentemente na velocidade de queda.

4.2.3 Textura

4.2.3.1 Parâmetros granulométricos

Tanner (1964) e Pilkey *et al.* (1967) observaram que os diâmetros médios das distribuições granulométricas dos fragmentos bioclásticos são mais grossos, quando comparados aos de sedimentos com predominância de quartzo e de minerais pesados. Esta diferença é provavelmente devida à forma mais achatada da maioria dos

bioclastos. As velocidades de decantação de partículas achatadas acabam sendo iguais as das partículas esféricas de diâmetros menores. Assim os grãos quase-esféricos de quartzo devem apresentar-se com velocidades maiores que os bioclastos. Pilkey *et al.* (1967) salientam ainda a importância da diferença de densidade dos minerais. A aragonita e a calcita são levemente mais densas que o quartzo. Esta diferença tende a aumentar a velocidade de decantação destes minerais, fazendo com que em depósitos de sedimentos mistos os grãos bioclásticos, se maciços, apresentem-se mais finos que os de quartzo. Contudo, os resultados sugerem que a forma é o fator gravitacional mais importante nas amostras analisadas.

O diâmetro médio da distribuição granulométrica e a diversidade de formas dos bioclastos atuam sobre o grau de seleção granulométrico. Os estudos realizados por Folk & Robles (1964), Giles & Pilkey (1965) e Pilkey *et al.* (1967) demonstraram que os grãos bioclásticos apresentam grau de seleção mais pobre quando comparados aos sedimentos compostos só de quartzo. O baixo grau de seleção granulométrica é relacionado à grande diversidade de organismos, com diferentes formas e tamanhos, que compõem estes fragmentos. Folk & Robles (1964) observaram que sedimentos de origem bioclástica mais homogênea apresentam melhor seleção que os de origem mais heterogênea.

Prager *et al.* (1996) realizaram análises granulométricas, por meio de peneiramento, de sedimentos bioclásticos heterogêneos afim de se compreender o esforço necessário para os grãos iniciarem a mobilização (*threshold*). Ficou evidenciado que em distribuições granulométricas de sedimentos mais homogêneos em tamanho, isto é, com menor desvio padrão, o esforço necessário para os grãos serem colocados em mobilização apresenta menor variação, enquanto que, em distribuições com maiores valores de desvio padrão, a amplitude aumenta. As influências das diferenças de densidade e do tamanho foram também observadas em amostras com maiores desvios padrões, isto é, grãos maiores com preenchimento dos poros exigem maior esforço para a mobilização, mas mesmo assim, são mais facilmente colocados em movimento que os sedimentos de diâmetros menores, devido ao “efeito de esconderijo” que os maiores exercem sobre os menores.

Em geral, os autores concluíram que em sedimentos mistos, compostos por fragmentos quartzosos e bioclásticos, a baixa densidade devida aos poros e a forma mais irregular dos grãos bioclásticos exigem menor esforço para serem colocados em movimento quando comparados aos grãos quartzosos e assim, como em sedimentos

essencialmente quartzosos, os grãos com maiores diâmetros são transportados mais facilmente, apesar das possíveis incrustações e preenchimentos.

Tanner (1995) observou que a abrasão dos sedimentos bioclásticos é acelerada quando os sedimentos são depositados com sedimentos quartzosos devido a maior dureza destes. Chave (1960, *apud* Pilkey *et al.*, 1967) observou que a abrasão dos grãos bioclásticos grossos produz grande quantidade de finos, tornando a distribuição granulométrica bimodal. Pilkey *et al.* (1967) sugerem que a remoção das partículas finas pela energia das ondas ou por dissolução sejam os fatores limitantes da formação da distribuição bimodal, e observaram nos fragmentos bioclásticos das praias da Georgia (Estados Unidos), que as frações modais situavam-se próximas entre si, gerando distribuição quase unimodal. Devido ainda à retirada dos finos e ao maior diâmetro dos fragmentos bioclásticos, a distribuição granulométrica tende a ser assimétrica para o lado dos grossos.

4.2.3.2 A complexidade na interpretação ambiental dos parâmetros granulométricos

Folk & Robles (1964) sugerem que, tanto a distribuição granulométrica dos bioclastos como dos não-bioclastos refletem as condições energéticas dos ambientes de sedimentação. Em praias de maior energia e com área fonte próxima ocorrem areias carbonáticas de diâmetros maiores. Areias mais finas e melhor selecionadas ocorrem em praias mais calmas e mais distantes da área fonte, enquanto que os sedimentos da área submersa são mais grossos e menos selecionados que os da área emersa.

Carr *et al.* (1991) salientam a dificuldade na interpretação de resultados granulométricos de sedimentos mistos, compostos por partículas quartzosas e bioclásticos devida a diferenças de natureza e destacam que os aumentos na frequência e no tamanho de sedimentos bioclásticos estão diretamente relacionados com a proximidade da área fonte. Segundo Oehming & Michels (1993), a textura mais grossa reflete a produção local, pois os fragmentos ainda não teriam sofrido fragmentação. Swinchart (1965) concluiu que, além da produção local, a fragmentação e as diferentes naturezas dos bioclastos vão encobrir a interpretação dos padrões hidrodinâmicos de transporte sobre uma distribuição granulométrica. Prager *et al.* (1996) destacaram a dificuldade de se trabalhar com grãos bioclásticos em função das

diferenças físicas e das alterações na densidade do grão em função de incrustações e do preenchimento dos poros e porosidade (poros livres). Uma interessante discussão sobre as dificuldades de análise de sedimentos praias mistos (quartzosos e bioclásticos) foi também realizada por Carter (1982). Segundo este autor existem inúmeros problemas na análise e interpretação de sedimentos bioclásticos e quartzosos, que podem ser resumidos em três: (1) diferentes características físicas – as análises das diferentes velocidades de decantação são problemáticas em amostras heterogêneas em função das variações de forma e densidade; (2) as amostras mistas não são incluídas em descrições estatísticas convencionais e (3) problemas de interpretação, pois as areias mistas devem ser tratadas como caso especial dificultando a aplicação dos modelos existentes para areias puramente quartzosas.

A partir dos resultados de análises granulométricas, por peneiramento e análises visuais, Carter (1982) sugere a existência de distribuição específica dos bioclastos em função das zonas energéticas de um perfil praias, isto é, o berma acumula conchas de bivalves e a zona de espreamento fragmentos bioclásticos em geral.

Os parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica dependem da área fonte, pois quanto mais próximos os sedimentos analisados da área fonte, menor será o selecionamento e a assimetria tende a ser negativa. Curvas de frequência acumulada da distribuição granulométrica mostram sedimentos bioclásticos deslocados para a esquerda (mais grossos), sedimentos quartzosos e bioclásticos no centro e sedimentos essencialmente quartzosos, à direita, (mais finos).

Segundo Carter (1982), em praias com duas fontes de sedimentos de naturezas e proporções diferentes, a distribuição apresenta-se complexa. Mas a complexidade é maior quando as proporções de bioclastos e de quartzo são semelhantes (ambos acima de 35%), pois eles parecem exibir comportamentos hidráulicos independentes, sem seguir qualquer tendência anteriormente discutida. A amostra mista está sujeita a alterações por uma grande variedade de processos seletivos, já que os processos atuantes sobre grãos quartzosos são somados que agem sobre os grãos bioclásticos. A dificuldade de interpretação desta grande variedade de processos é ainda acentuada por problemas e limitações dos métodos e técnicas utilizadas.

4.2.3.3 Problemas metodológicos

Folk & Robles (1964) discutiram os problemas técnicos relacionados às análises granulométricas de sedimentos bioclásticos realizadas por meio de peneiramento, onde as frequências dos grãos em cada uma das classes são obtidas pelos seus pesos. Os tamanhos dos grãos bioclásticos podem ser maiores e os seus pesos menores, em função da existência de poros de várias formas.

As discrepâncias existentes entre os resultados de peneiramento e de método hidráulico dos sedimentos bioclásticos devem-se, segundo Wadell (1934, *apud* Braithwaite, 1973), Krumbein (1968), McNown e Malaka (1950, *apud* Braithwaite, 1973) e Maiklem (1968), ao fato da forma exercer a maior influência na decantação das partículas e existir pouca relação entre a velocidade de queda e o transporte real das partículas.

Considerando as diferenças físicas das partículas, Oehming e Michels (1993) acreditam que a velocidade de decantação é a propriedade fundamental do grão na compreensão de processos deposicionais. Tanto o tamanho como a forma não apresentam influência direta na velocidade de decantação do grão.

Vários trabalhos sedimentológicos sobre areias bioclásticas foram feitos com tubos de sedimentação (Tab. 4-1).

Kench & McLean (1996) afirmam que, apesar das diferenças de composição biológica, forma, tamanho e densidade e dos problemas decorrentes da variação da densidade devido ao preenchimento de poros ou abrasão, a análise de partículas sedimentares em tubo de sedimentação mostrou que alguns desses fragmentos possuem valores de velocidades de decantação muito próximos entre si. Quando os sedimentos foram submetidos ao peneiramento, a distribuição granulométrica apresentou-se bimodal, enquanto que através experimentos em tubos de sedimentação, a distribuição mostrou-se unimodal. A partir da identificação da composição biológica dos grãos, os autores agruparam os bioclastos de diferentes composições em função de comportamentos hidráulicos semelhantes, isto é, placas maiores de *Halimeda* apresentaram velocidades de decantação semelhantes as de fragmentos menores de corais e foraminíferos.

TABELA 4-1 Alguns trabalhos sedimentológicos sobre partículas de diferentes composições biológicas ou mineralógicas executados com tubos de sedimentação.

Autores	Comprimentos	Diâmetros	Unidades	Observações gerais e técnicas
MAIKLEM (1968)	38 cm	16 cm	cm/s	Água do mar; lançados um de cada vez; 372 grãos
BRAITHWAITE (1973)	300 cm (cronometragem após 50 cm)	10 cm	cm/s	Água do mar; lançados um de cada vez; 100 grãos
MAY (1981)			$\text{Chi}(x) = -\log_2(v/v_0)$ em m/s	Água do mar mantida à temperatura constante de 20°C.
OEHRING & WALLRABE-ADAMS (1993)	192 cm	20 cm	$\text{Chi}(x)$	Temperatura de 24°C, pesados e lançados individualmente
OEHRING & MICHELS (1993)	—	—		Separador
MICHELS (1995)	192 cm	20 cm	$\text{Psi} = -\log_2(v/v_0)$	Balança de sedimentação
KENCH & McLEAN (1996)	187,5 cm	25 cm	$\text{Chi}(x)$	Balança RSA (MacArthur rapid sediment analyser)

O reconhecimento das diferenças de composições biológicas e velocidades de decantação possibilitou a Oehring & Wallrabe-Adams (1993) e Michels (1995), o discernimento dos comportamentos hidráulicos responsáveis pelos processos de deposição. Michels (1995) ainda sugere que a composição e a forma determinam as semelhanças entre as velocidades de decantação dos grãos, e, deste modo, a análise visual dos componentes que apresentam a mesma velocidade de decantação permite a compreensão dos processos deposicionais.

4.2.3.4 O arredondamento e a cor dos grãos bioclásticos como possíveis indicadores ambientais.

Pilkey *et al.* (1967) apresentam uma carta de classificação dos graus de arredondamento dos bioclastos diferente da utilizada para grãos de quartzo, destacando a diferença da natureza e da intensidade dos processos abrasivos sobre estas areias. Segundo esses autores, o grau de arredondamento decresce com a diminuição do diâmetro médio do sedimento. A angulosidade encontrada em grãos mais finos de praia está relacionada à fragmentação. Para Swinichatt (1965) o arredondamento dos grãos também só reflete parte do transporte, pois com a maior energia pode haver o arredondamento mas também ocorre a fragmentação. Em

conjunto com os dados texturais, o grau de trabalho do grão pode contribuir para a elucidação dos processos hidrodinâmicos.

Na tentativa de se interpretar a energia do ambiente com base no grau de arredondamento das partículas bioclásticas, Folk & Robles (1964) sugerem que o arredondamento pode ser influenciado pela energia das ondas, mas que a proximidade da área-fonte é determinante. Segundo Pilkey *et al.* (1967), as partículas podem atingir os mesmos graus de arredondamento em praias de diferentes energias, porém, em geral arredondam-se mais rapidamente em praias de maior energia e mais lentamente em praias de menor energia.

Leão & Bittencourt (1977), estudando partículas bioclásticas do fundo da baía de Aratu (BA), reconheceram graus de arredondamento maiores em partículas de maiores diâmetros encontradas em áreas mais energéticas, enquanto que os de diâmetro menores seriam mais angulosos devido à fragmentação. O maior arredondamento em partículas de menores diâmetros ocorreria em ambientes de baixa energia.

A análise visual das cores dos grãos bioclásticos foi realizada por Leão & Machado (1989). Segundo as autoras, os fragmentos bioclásticos são predominantemente de cor natural branca e o escurecimento tem origem inorgânica associada a compostos de ferro e manganês. As cores dos fragmentos podem fornecer informações sobre as taxas de sedimentação, de erosão e de retrabalhamento dos sedimentos e pode contribuir na elucidação de processos deposicionais em sedimentos mistos e/ou bioclásticos.

V – MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Considerações gerais

Além da coleta de informações bibliográficas e cartográficas disponíveis sobre a área, afim de se alcançar os objetivos propostos, foram realizadas coletas de dados e amostras em campo da plataforma continental interna, dos rios e das praias, para executar posteriores análises de laboratório e interpretações.

5.2 Batimetria e reconhecimento sedimentológico da plataforma continental interna

5.2.1 Batimetria

Para o conhecimento da batimetria da zona submarina adjacente situada entre a baía de Vitória e praia de Povoação foi confeccionado um mapa batimétrico detalhado, com isóbatas espaçadas em intervalos de 2 m, a partir de quatro folhas de bordo da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha, de números 1400-1/54 e 1400-4/60, na escala 1:50.000; 1300-1/70 e 1300-3/69, escala 1:75.000.

O mapa batimétrico foi confeccionado em escala de 1:135.531, baseando-se na carta náutica da DHN, número 1420, com última atualização em 1979.

5.2.2 Reconhecimento sedimentológico

5.2.2.1 Amostragem

Os sedimentos de fundo na plataforma continental interna foram amostrados ao longo de 21 perfis transversais à linha de costa, em intervalos de 2 milhas náuticas (1 milha náutica = 1,852m), com comprimentos mínimo de 8,5 e máximo de 9,5 milhas náuticas, ao longo do litoral compreendido entre a baía de Vitória e a praia de Povoação (Fig. 5-1).

FIGURA 5-1 Mapa de localização da área de estudo e das estações de amostragem, escala 1:135.531 (carta náutica - DHN, n. 1420, 1979).

Sobre cada perfil, foram obtidas 14 a 15 amostras de sedimentos. A distância dos três primeiros pontos mais próximos a costa, foi de 1/3 milha náutica. Do quarto ao décimo ponto, o distanciamento foi de ½ milha náutica e a partir do décimo 1 milha náutica (Fig. 5-1). Os espaçamentos dos pontos de amostragem, ao longo do perfil, foram menores nas proximidades da linha de costa, em função das suas maiores importâncias em relação à praia e à zona submarina próxima.

As coletas dos sedimentos foram realizadas em duas etapas. A primeira fase foi cumprida entre os dias 18 de novembro a 14 de dezembro de 1996, com a escuna Careba, do Projeto TAMAR (Tartarugas Marinhas), usando-se um pegador de fundo tipo *Pettersen* e um sonar com GPS modelo 120 XL GARMIN para o posicionamento e determinação da profundidade dos pontos. Durante esta etapa, a maioria das amostras foi coletada apesar das consecutivas entradas de frentes frias, que retardaram o trabalho. A presença das couraças lateríticas na zona submersa rasa, entre Barra do Saí e Vitória, inviabilizaram a navegação da escuna e conseqüentemente, a coleta de sedimentos nos pontos mais próximos à linha de costa.

Os pontos que não puderam ser amostrados pela escuna foram amostrados em uma segunda etapa, nos dias 17 e 18 de abril, com uma embarcação pesqueira de pequeno porte. Os posicionamentos foram feitos através de um GPS manual GARMIN 45 e as amostragens através de mergulho (com máscara e pé de pato). Foram então coletadas 16 amostras restantes. No Anexo I, têm-se as coordenadas dos pontos amostrados.

5.2.2.2 Análises sedimentológicas e representações gráficas

Os sedimentos coletados foram submetidos às determinações dos teores de materiais clástico e bioclástico e às análises granulométricas. Os resultados foram plotados em dois mapas. No mapa denominado "Mapa faciológico dos sedimentos de fundo da plataforma continental" (1) foram definidas oito classes: lama, com 100% dos sedimentos lamosos (< 0,062mm); lama-arenosa, com o freqüência de lama entre 51 a 99%; areia-lamosa (10 a 50% de lama); areia litoclástica (areia superior a 90% e com mais de 60% compostas por quartzo); areia biolitoclástica (> 90% de areias, com teores de lito e bioclasto variando de 40 a 60%); areia bioclástica (bioclastos superiores a 60%); fragmentos carbonáticos (denominado por McLane, 1995, como depósito de

tálus – frações > 2,00mm superiores a 50%) e construções carbonáticas e/ou couraças lateríticas com incrustações carbonáticas (inexistência de sedimentos; construções com organismos vivos).

A partir da proposta metodológica de classificação dos sedimentos de fundo, baseada nos teores de carbonato e textura dos grãos de Larssonneur (1977), Dias (1996) desenvolveu uma nova classificação, adaptando-a às condições climáticas brasileiras. Esta proposta de Dias (1996) foi adotada para a confecção do “Mapa granulométrico dos sedimentos biolitolásticos da plataforma continental interna” (2). As classes podem ser observadas na Tabela 5-1.

Segundo a proposta de Larssonneur (1977), em função dos teores de carbonato podem ser estabelecidas as seguintes categorias: litoclásticos (menos de 30% de carbonatos); litobioclástico (30 a 50% de carbonatos); biolitolástico (50 a 70% de carbonatos e bioclásticos (mais de 70% de carbonatos).

Do ponto de vista granulométrico quatro categorias principais foram estabelecidas: seixos, grânulos, areia e lamas. Assim, as duas primeiras letras das classes correspondem a fração granulométrica principal e a sua natureza lito ou bioclástica e para a representação dos diferentes teores são usados números, por exemplo:

GL1 = grânulo litoclástico; GL2 = grânulo litobioclástico;

AB1 = areia biolitolástica; AB2 = areia bioclástica.

As letras minúsculas a, b, c, e d discriminam as características granulométricas segundo a classificação de Wentworth (1922), (Tab. 5-1).

As principais modificações introduzidas por Dias (1996) a proposta de Larssonneur (1977) foram as seguintes: (a) aumento do limite percentual de 5% para 15% para a caracterização de material lamoso; (b) a fração arenosa 0,2 a 0,5mm para areia fina para Larssonneur, foi substituída pela fração areia média de 0,25 a 0,5 mm, (c) a fração de 0,05 a 0,2mm, considerada muito fina passou a ser 0,062 a 0,25, areia fina e muito fina e (d) a fração superior a 0,5mm considerada grossa passou a ser entre 0,5 e 2mm considerada como grossa a muito grossa.

No presente trabalho, foi introduzida a classe “couraças” (C), para denominar a fácies onde a cobertura do fundo corresponde às construções carbonáticas e/ou couraças ferruginosas com incrustações carbonáticas. Para a determinação das

TABELA 5.1 Classificação das fácies dos sedimentos da cobertura da plataforma, modificado por Dias, (1996), a partir de Larssonneur (1977).

SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	COQUINAS, RODOLITOS SEIXOS L < 15%; s+c+r > 50%		GRÂNULOS L < 15%; s+c+r < 50% Md > 2mm		AREIAS L < 15%; Areia + lama > 50% Md < 2mm					SEDIMENTOS LAMOSOS L < 15%		
SEDIMENTOS LITO CLÁSTICOS Carbonatos < 30%	SEIXOS LITOCLASTICOS		GRÂNULOS LITOCLASTICOS		AREIAS LITOCLASTICAS					LAMA TERRÍGENA		
	s+c+r > 70% SL1a Cascalho litoclástico	s+c+r < 70% SL1b Cascalho litoclástico	s+c+r > 15% GL1a Grânulos Litoclásticos c/ cascalho	s+c+r < 15% GL1b Grânulos litoclásticos	15% superior s+c+r > g AL1a Areia litoclástica c/ cascalho	a 2mm < 50% g > s+c+r AL1b Areia litoclástica c/ grânulos	superiores a 2mm 0.5 a 2mm AL1c Ar. litocl. grossa a muito grossa	a 2mm < 15% 0.25 a 0.5 mm AL1d Ar. litocl. média	0.05 a 0.25mm AL1e Ar. lit. fina a muito fina	L < 25% LL1a Lama terrígena arenosa	25% < L < 75% LL1b Lama terrígena arenosa	L > 75% LL1c Lama terrígena
SEDIMENTOS LITOBIO CLÁSTICOS Carbonatos 30 a 50%	SEIXOS LITOCLASTICOS		GRÂNULOS LITOCLASTICOS		AREIAS LITOBIOCLÁSTICAS					MARGAS		
	c+r+s > 70% CB2a Coquina/ rodolito c/ litoclástico	c+r+s < 70% CB2b Cascalho biolito-clástico	s+c+r > 15% GL2a Grânulos Litobio-clásticos c/ cascalhos	s+c+r < 15% GL2b Grânulos Litobio-clásticos	15% superior s+c+r > g AL2a Areia litobioclástica com cascalho	a 2mm < 50% g > s+c+r AL2b Areia litobioclástica com grânulo	superiores a 2mm 0.5 a 2mm AL2c Areia lito biocl. grossa a muito grossa	a 2mm < 15% 0.25 a 0.5 mm AL2d Areia lito bioclástica média	0.05 a 0.25 mm AL2e Ar. litobiocl. fina a muito fina	L < 25% LL2a Marga arenosa	25% < L < 75% LL2b Marga arenosa	L > 75% LL2c marga
SEDIMENTOS BIOLITO CLÁSTICO Carbonatos 50 a 70%	COQUINAS RODOLITOS + LITOCLASTICOS		Grânulos Biolito clásticos		AREIAS BIOLITOCLASTICAS					MARGAS CALCÁRIAS		
	c+r+s > 70% CB1a Coquinas ou rodolitos	c+r+s < 70% CB1b Cascalho bioclástico	s+c+r > 15% GB1a Grânulo Biolitoclástico	s+c+r < 15% GB1b Grânulo Biolitoclástico	15% superior s+c+r > g AB1a Areia biolitoclástica com cascalho	a 2mm < 50% g > s+c+r AB1b Areia biolitoclástica com grânulo	superiores a 2mm 0.5 a 2mm AB1c Areia bio litocl. grossa a muito grossa	a 2mm < 15% 0.25 a 0.5 mm AB1d Areia bio litoclástica média	0.05 a 0.25 mm AB1e Ar. biolitocl. fina a muito fina	L < 25% LB1a marga calcárea arenosa	25% < L < 75% LB1b marga calcárea arenosa	L > 75% LB1c marga calcárea
SEDIMENTOS BIO CLÁSTICOS Carbonatos > 70%	COQUINAS e RODOLITOS		GRÂNULOS BIOCLÁSTICOS		AREIAS BIOCLÁSTICAS					LAMAS CALCÁRIAS		
	c+r+s < 70% CB2b Cascalho bioclástico	c+r+s > 70% CB2a Coquinas ou rodolitos	c+r+s > 15% GB2a Grân. Bioc conchífero ou rodolito	c+r+s < 15% GB2b Grânulo Bioclástico	15% superior c+r+s > g AB2a Areia bioclásticas o/ nódulos ou conchas	a 2mm < 50% g > c+r+s AB2b Areia bioclástica o/ grânulos	superiores a 2mm 0.5 a 2mm AB2c Areia biocl. t. grossa a muito grossa	a 2mm < 15% 0.25 a 0.5mm AB2d Areia bioc média	0.05 a 0.25mm AB2e Ar. biocl. fina a muito fina	L < 25% LB2a Areia Bioclástica lamosa	25% < L < 75% LB2b vasa calcárea arenosa	L > 75% LB2c Vasa calcárea

Md = mediana; **L** = lama; **c** = coquina (>20mm); **g** = seixos (4 a 65mm);
g = grânulos (2 a 4 mm); **r** = rodolitos (nódulos de algas calcáreas).

classes da carta sedimentológica foram utilizados os diâmetros médios da distribuição granulométrica obtidos através do método proposto por Folk & Ward (1957).

5.2.3 Determinação da isóbata-limite para as representações gráficas

Komar (1976) estabelece que uma onda se modifica a partir do momento que ela começa a sentir o efeito do fundo e que isto acontece quando a profundidade do fundo (h) é igual ou menor ao comprimento da onda não afetada pelo fundo (L_o): $h/L_o \leq 0,5$. Este critério apresenta um pequeno erro de 0,37%.

A adoção do limite de alteração da onda pelo fundo em um quarto do comprimento da onda não afetada pelo fundo ($L_o/4$ ou $h/L_o \geq 0,25$) aumenta o erro para 5% (Komar 1976), por outro lado, abarca a porção submersa associada aos processos hidrodinâmicos que afetam a região costeira (Muehe 1994).

Considerando o período de 9s, período médio do último intervalo com ocorrências significativas (Fig. 2-4B) e aplicando as equações de Komar (1976):

$$L_o = 1,56 T^2 \quad (5.1)$$

e

$$\text{água profunda não afetada pelo fundo} = L_o/4 \quad (5.2)$$

obteve-se a profundidade de 31,59m. Desta forma a isóbata de 30 metros foi adotada para representar o limite da porção submersa considerada nos processos costeiros e para a representação gráfica.

A profundidade a partir da qual existe mobilização dos sedimentos de fundo pelas ondas pode ser determinada pela equação proposta por Komar & Miller (1975), onde são considerados altura e o período das ondas e o diâmetro médio do grão que reveste o substrato:

$$d = \frac{L_o}{2\pi} \arcsen h \left(\frac{\pi H}{TU_m} \right) \quad (5.3)$$

$$U_m = \left(0,21 \left(\rho_s - \rho \right) \frac{g}{\rho \pi^{0,5}} \right)^{0,66} D^{0,33} T^{0,33} \quad (5.4)$$

onde:

- d = profundidade máxima de mobilização dos sedimentos
- L_o = comprimento da onda não afetada pelo fundo
- H = altura da onda
- T = período da onda
- U_m = velocidade orbital crítica
- ρ = densidade da água (1032kg/m³)
- ρ_s = peso específico dos grãos (2,65 g/cm³)
- D = diâmetro dos grãos
- g = aceleração da gravidade (9,8cm/s)

A determinação da profundidade máxima de mobilização dos sedimentos de fundo pode elucidar os processos de transporte e distribuição de sedimentos para as praias estudadas.

5.3 Coleta dos sedimentos fluviais

Com barcos de pequeno porte, alugados de pescadores locais e, com o auxílio de um pegador de fundo tipo Pettersen, foram coletadas nove amostras de sedimentos fluviais de fundo nas proximidades da desembocadura dos principais rios da região: rios Doce, Comboios/ Riacho, Piraquê-Açu/Pirâque-Mirim e Reis Magos. A escolha dos pontos de amostragem deu-se aleatoriamente, contudo sempre fora do alcance da ação direta do mar, considerando-se a substituição da vegetação tipicamente de mangue por outras de transição para vegetação continental. As nove amostras coletadas ficaram distribuídas conforme a Tabela 5-2:

TABELA 5-2 Distribuição das amostras de sedimentos fluviais.

Rios	Amostras	Características Locais
Doce	I, II e III	duas nas margens e uma no centro; ao longo de uma seção transversal distante da desembocadura cerca de 10 km.
Comboios	IV	cerca de 10 km da desembocadura do rio Riacho
Riacho	V e VI	V cerca de 10 km da desembocadura VI junção dos rios Comboios e Riacho.
Piraquê-Açu	VII	cerca de 10 km de sua desembocadura
Piraquê-Mirim	VIII	cerca de 10 km da desembocadura do Piraquê-Açu
Reis Magos	IX	cerca 10 km de sua desembocadura

Os pontos de amostragens foram localizados sobre a carta náutica DHN, n. 1420, 1979, escala 1:135.531 e suas distribuições granulométricas, em histogramas.

5.4 Levantamento topográfico, oceanográfico e sedimentológico das praias

5.4.1 Campanhas de campo e posições de amostragem

O monitoramento da morfodinâmica das praias foi realizado durante doze campanhas de levantamento de dados mensais. Os levantamentos iniciaram-se em janeiro de 1996 e finalizaram em janeiro de 1997, não tendo havido coleta em dezembro de 1996.

Os dias do mês e a hora do dia do levantamento não obedeceram a nenhuma condição prévia de lua ou maré, sendo os levantamentos realizados em marés e luas aleatórias, para se determinar a dinâmica praial sob diferentes condições energéticas.

As condições meteorológicas dos meses de coleta foram observadas através da Climanálise (Boletim climático) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), obtida a partir da homepage do INPE (1998) e as condições dos dias de amostragem foram extraídas das cartas sinóticas (carta de pressão à superfície) do horário de 12:00h, da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) - Serviço Meteorológico Marinho (SMM) do Ministério da Marinha.

As amostragens foram realizadas em 24 pontos (P1 a P24) indicados na Figura 5-1 e posicionados conforme o Anexo II.

As atividades realizadas em campo consistiram em levantamentos topográficos de perfis de praia emersos, observações de dados oceanográficos e coletas de sedimentos ao longo de perfis praias.

5.4.2 Perfis

No campo os dados topográficos foram levantados utilizando-se o método das balizas de Emery (1961). Os perfis tiveram início em referenciais determinados localmente (Anexo II), até o ponto de máximo recuo das ondas, sugerido por Bigarella et al. (1961), como sendo o que representa a altura da maré do momento de observação. Sempre que as condições do mar permitiam (ondas baixas, por exemplo), o levantamento foi estendido até a zona de arrebentação.

A altura do perfil foi determinada através da média ponderada das alturas de cada levantamento, após a correção do horário da maré no momento da observação. O nível médio de maré estabelecido para as correções e nivelamento das alturas dos perfis foi o de 0,80m, que corresponde ao nível médio de maré para o Terminal de Barra do Riacho (DHN, 1996/1997).

A confecção gráfica dos perfis foi realizada através da utilização do programa Grapher for Windows da Golden Software Inc.

5.4.3 Dados oceanográficos

A partir de observações visuais da praia foram obtidos dados de altura da onda na arrebentação (H_b), período da onda (T) e ângulo de incidência de chegada das ondas em relação à linha da praia (α). Estas informações foram levantadas com o auxílio de uma baliza, cronômetro e bússola, respectivamente. Os tipos de ondas no momento da arrebentação, cujas terminologias em português adotadas basearam-se em Toldo (1993), e as condições de maré também foram observadas, em campo previamente, seguidos pela consulta às tábuas de Maré (DHN, 1996/1997).

A partir dos dados obtidos em campo foram estimados os valores de energia da onda, de velocidade, direção e capacidade de volume provável transportado pela corrente longitudinal.

A energia da onda é função direta da altura da onda na arrebentação e pode ser estimada, segundo Komar (1983), pela equação:

$$E = 1/8 (\rho g H_b^2) , \quad (5.5)$$

onde

ρ é a densidade da água do mar (1032kg/m³)

g é a aceleração da gravidade (9,8 m/s).

A velocidade da corrente longitudinal foi estimada empregando-se a equação Longuet-Higgins (1970, apud Muehe, 1996):

$$V_l = 1,19 (g H_b)^{0,5} \sin \alpha \cos \alpha \quad (5.6)$$

A estimativa do volume de areia transportada (Q_s), por dia pela corrente longitudinal foi realizada empregando-se a equação:

$$Q_s = 3,4 (EC)_b \sin \alpha \cos \alpha \quad (5.7)$$

de Komar (1983), onde C , corresponde a celeridade da onda sendo determinada pela equação:

$$C = \sqrt{g(2H_b)} \quad (5.8)$$

Os dados de altura de onda e nível de maré estão representados em histogramas e os resultados das observações de campo e das estimativas estão nos Anexos III e IV.

5.4.4 Coleta de sedimentos praias

As amostras de sedimentos de praias foram obtidas em duas subunidades geomorfológicas (berma e face da praia), ao longo do perfil topográfico transversal. No berma os sedimentos foram coletados por meio de uma pequena trincheira de aproximadamente 20cm de profundidade e na face da praia por raspagem superficial.

As coletas foram realizadas em todas as campanhas de amostragem.

5.5 Análise dos sedimentos

5.5.1 Considerações gerais

As análises dos sedimentos das praias, dos rios e da plataforma continental interna foram de duas naturezas: (1) análise da distribuição dos bioclastos e não-bioclastos, variação dos teores ao longo do monitoramento praial e reconhecimento da natureza dos bioclásticos e; (2) análise textural dos sedimentos mistos e análise morfoscópica dos sedimentos quartzosos.

5.5.2 Teores de CaCO_3

Os sedimentos coletados na face da praia, e na plataforma continental interna foram submetidos à quantificação dos teores de CaCO_3 . Estes teores foram obtidos através da dissolução, com ácido clorídrico em chapa aquecida, de 25g dos sedimentos, previamente lavados, secados, quarteados e pesados. Após a dissolução os sedimentos residuais foram novamente secados e pesados, obtendo-se assim a percentagem de bioclastos e não-bioclastos (quartzosos e minerais pesados) em cada análise realizada.

5.5.3 Composição biológica dos fragmentos bioclásticos

Com a colaboração do Laboratório de Estudos Costeiros da Universidade Federal da Bahia (UFBA), mais especificamente da Prof.a. Dra. Zelinda Margarida A. N. Leão e consultas ao material bibliográfico, contendo descrições e fotos de material bioclástico, tais como Milliman (1974) e Pestana (1977), foi possível determinar a natureza dos grãos bioclásticos.

O número de grãos que deve ser observado em lupa para a identificação da natureza dos sedimentos bioclásticos sugerido por Ginsburg (1956) é de 300 grãos, quando o teor do material não-carbonático é também quantificado. Como os teores de bioclásticos em relação aos não-bioclásticos já eram conhecidos, pela eliminação dos bioclásticos, a análise visual foi realizada somente nos grãos carbonáticos, quando se resolveu contar 200 grãos, considerado mínimo e suficiente para a identificação da fração pesada de uma amostra (Hubert, 1962).

Os bioclastos foram reunidos em grandes grupos, pela frequência de aparecimento. Os grupos são formados de algas coralinas (incrustantes e articuladas), moluscos, briozoários, foraminíferos, equinoderma e *Halimeda*. As espículas de esponja e os tubos de verme foram reunidos em "outros".

Os grãos dos sedimentos de praia analisados foram os coletados das praias de Bicanga (P1) à praia de Barra do Saí (P18), onde ocorreram bioclastos. Da plataforma continental interna foram analisados os sedimentos das amostras que apresentaram teores de bioclastos superiores a 40%.

As análises visuais foram efetuadas em três frações distintas: -1 e -0,5 (2,00 e 1,41 mm), 0 e 0,50 phi (1,00 e 0,71mm) e 1 a 2 phi (0,50, 0,35 e 0,25mm), totalizando 600 grãos em cada estação.

Para a representação gráfica dos resultados da composição biológica dos sedimentos das praias foi utilizado o programa Excel da Microsoft e para a distribuição dos principais grupos de bioclastos da plataforma utilizou-se o programa Surfer for Windows, da Golden Software Inc, onde somente os cinco maiores grupos (algas coralinas, moluscos, briozoários, equinodermas e foraminíferos) foram representados.

5.5.4 Análise granulométrica

As análises granulométricas dos sedimentos mistos e quartzosos foram realizadas por peneiramento a seco, conforme os procedimentos descritos por Suguio (1973), e interpretados através de parâmetros estatísticos, segundo Folk & Ward (1957). Pilkey et al. (1967) e Carter (1982) também adotaram o método de peneiramento de areias mistas (bioclásticas e não-bioclásticas) nas análises texturais das areias de praia.

Gráficos e representações da superposição de curvas de frequência acumulada da distribuição granulométrica dos sedimentos totais, bioclásticos e não-bioclásticos, também foram elaborados com o auxílio dos programas Excel da Microsoft.

5.5.5 Análise morfoscópica

A análise morfoscópica dos grãos de quartzo foi realizada através de observação em lupa binocular, segundo o método LIGUS (1958). Através desta técnica os grãos de quartzo foram observados de acordo com seu grau de arredondamento, entre as classes angulosa, subangulosa, subarredondada, arredondada e bem arredondada (Pettijohn 1957). O intervalo observado foi o de 1 a 2 phi (0,50 a 0,25mm).

Os resultados são apresentados em gráficos do Excel Microsoft.

5.6 Análises de correlação

Análises de correlação entre os parâmetros sedimentológicos das areias das praias foram realizadas empregando-se o coeficiente de correlação de Pearson (r).

O coeficiente de correlação linear r ou $r(x,y)$, introduzido por Karl Pearson é também denominado correlação momento-produto. Este coeficiente, calculado a partir

de uma amostra de n pares de observações X e Y , mede a quantidade de dispersão em torno da equação linear ajustada através do método dos mínimos quadrados, ou o grau de relação entre as variáveis (Fonseca *et al.*, 1995).

O coeficiente r apresenta-se adimensional e varia de -1 a 1. O valor absoluto é o indicador da robustez da correlação, maior mais próximo de 1, sendo precedido do sinal positivo indica relação direta e do negativo, relação inversa (Silva & Souza, 1988).

A equação freqüentemente utilizada para o cálculo de r é:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (5.9)$$

No presente trabalho os valores de r foram obtidos utilizando-se o programa *Statistica 6.0* da *Statsoft*.

VI - RESULTADOS E ANÁLISES

6.1 Fisiografia da plataforma e dos perfis praias

6.1.1 Morfologia superficial da plataforma continental interna

A batimetria da área de estudo revela uma plataforma continental interna cujas isóbatas seguem a linha de costa nas adjacências da planície deltaica do rio Doce, da praia de Povoação à Barra do Riacho e apresentam-se dispostas caoticamente nas proximidades de Barra do Saí à Baía de Vitória (Fig. 6-1).

Nas adjacências da desembocadura do rio Doce, as isóbatas apresentam-se dispostas linearmente, obedecendo à orientação da linha de costa. Da foz do rio rumo ao litoral norte, a isóbata de 10m encontra-se aproximadamente a 5km da praia.

A zona submersa, defronte à praia de Comboios, apresenta alta declividade na zona mais próxima à costa, com a isóbata de 12 m a menos de 1km da praia. Rumo ao mar aberto as isóbatas apresentam disposição linear, seguindo a direção do litoral.

A disposição das isóbatas, aproximadamente eqüidistantes e lineares à linha de costa, nas adjacências da planície deltaica do rio Doce, sugere um substrato sedimentar afetado e modificado pelo efeito de refração das ondas a partir das isóbatas inferiores a 30 m. A tendência de aumento da declividade da antepraia, verificada nas adjacências da praia de Comboios, mantém-se rumo ao sul até a Baía de Vitória. Seguindo a isóbata de 20 m pode-se verificar que esta dista 10 km da costa na altura da desembocadura do rio Doce, 5 km nas proximidades da desembocadura do rio Riacho, 3 km da desembocadura do rio Reis Magos e a apenas 1,5 km da entrada do Porto de Tubarão, Baía de Vitória.

Entre Barra do Saí e Baía de Vitória, a isóbata de 30 m define diferentes morfologias, rumo à linha de costa e costa afora. No sentido da praia as isóbatas apresentam-se aproximadamente lineares e próximas entre si, revelando a grande variação da profundidade, a curta distância. A maior declividade da zona submersa próxima à linha de costa é verificada na altura da praia de Barra do Saí, Potiri e Coqueiral, onde a isóbata de 10 m encontra-se a menos de 1km da linha de costa. A partir de Santa Cruz, esta isóbata dista em torno 2,5 km da linha de costa e nesta

FIGURA 6-1 Mapa batimétrico da plataforma continental interna adjacente à Vitória a praia de Povoação, desembocadura norte do rio Doce (ES).

distância se mantém até a praia de Bicanga. Na altura de Carapebus e Vitória esta isóbata novamente aproxima-se da costa.

A partir de 30 m rumo costa afora, as isóbatas revelam um fundo submerso acidentado, sem padrão morfométrico definido, sugerindo a presença de um substrato duro controlando a morfologia.

6.1.2 Variabilidade topográfica dos perfis praias

6.1.2.1 Condições meteorológicas e oceanográficas dos dias de amostragem

Os dias de amostragem, as condições meteorológicas e as fases da lua estão resumidas na Tabela 6-1. Vale salientar que as informações meteorológicas da Tabela 6-1, extraídas das informações das cartas sinóticas, coincidiram com as informações meteorológicas observadas em campo (Anexo III).

Durante o ano de 1996, a temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico, junto à costa da Região Sudeste e sul da Região Nordeste esteve acima da média climatológica, causando a semi-estacionariedade das frentes frias na Região Sudeste (INPE, 1998). Esta situação foi responsável pelos altos índices pluviométricos durante o ano nas estados do Sudeste (INPE, 1998), sendo registradas chuvas na maioria dos dias dos levantamentos dos dados (Tabela 6-1).

Segundo Aubrey (1983) e Wrigth & Short (1984), as ondas de mar aberto representam a principal entrada de energia nos ambientes praias e são também responsáveis pela sua variabilidade topográfica, após as transformações ocorridas em águas intermediárias e rasas. Baseando-se nas similaridades entre os períodos e as alturas de ondas previstas em mar aberto fornecidos pelas cartas sinóticas dos dias de amostragem, foi possível distinguir e agrupar três diferentes grupos de clima de ondas previstas. Estes grupos foram individualizados por diferentes cores de sombreamento e estão representados na Tabela 6-1.

Nas campanhas de janeiro, fevereiro, março, julho e setembro de 96 e janeiro de 97, as condições meteorológicas e lunares apresentaram-se semelhantes. Os ventos, com velocidades de 11 a 16 nós (milhas náuticas/hora), apresentaram-se moderados pela escala de Beaufort (Hardy, 1996).

Tabela 6-1 Condições meteorológicas e fases lunares dos dias de amostragens.

	Dias	Vento	Ondas	Pressão local	Observações	Fase da lua
Jan 96	18	NE/NW 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 Segundos	Baixa 1008 hPa	Tempo nublado	Minguante
	19	N/NW 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 Segundos	Baixa 1008 hPa	Encoberto com chuvas	Minguante
	20	NW/N 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 Segundos	Baixa 1012 hPa	Encoberto com chuvas	Nova
Fev 96	12	NW 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 Segundos	Alta 1012 hPa	Pancadas de chuva	Minguante
	13	N/NW 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta 1016 hPa	Pancadas de chuva	Minguante
	14	NE/NW 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta 1016 hPa	Pancadas de chuva	Minguante
Mar 96	15	NE/N 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta 1016 hPa	Pancadas de chuva	Minguante
	16	E/NE 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta 1016 hPa	Pouco nublado. Pancadas de chuva	Minguante
	17	E/NE 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta 1016 hPa	Limpo	Minguante
Abr 96	19	SE 28/33 nós	2,3/3,0 metros 6/7 segundos	Baixa 1012 hPa	Chuva intermitente	Nova
	20	SE/E 21/17 nós	2,5/2,0 metros 5/4 segundos	Alta: 1020 hPa	Chuva intermitente	Nova
	21	SE/E 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1024 hPa	Encoberto, chuva intermitente	Nova
Mai 96	17	SE/E 11/16 nós	2,0/3,0 metros 4/5 segundos	Alta: 1020 hPa	Encoberto Chuva intermitente	Nova
	18	NE/NW 11/16 nós	2,0/3,0 metros 4/5 segundos	Alta: 1024 hPa	Encoberto Chuva intermitente	Nova
	19	SE/E 11/16 nós	2,0/3,0 metros 4/5 segundos	Alta: 1020 hPa	Encoberto Chuva intermitente	Nova
Jun 96	14	SE/E 11/16 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta: 1024 hPa	Encoberto com chuvas moderadas	Minguante
	19	NE/N	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1028 hPa	Meio encoberto	Nova
Jul 96	20	NE/N 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1024 hPa	Meio encoberto	Nova
	21	NE/N 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1020 hPa	Meio encoberto	Nova
	16	S/SE 17/21 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta 1020 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Nova
Ago 96	17	S/SE 17/21 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta: 1024 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Nova
	18	S/SE 17/21 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta: 1028 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Nova
	20	SE/NE 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1028 hPa	Meio encoberto	Crescente
Set 96	21	SE/NE 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1024 hPa	Meio encoberto com pancadas de chuvas	Crescente
	22	NE/N 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1024 hPa	Pouco nublado	Crescente
Out 96	17	SE/E 11/16 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta: 1024 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Nova
	19	E/NE 11/16 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta: 1020 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Crescente
	20	NW/NE 11/16 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta: 1020 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Crescente
Nov 96	15	NE/N 17/21 nós	2,0/2,5 metros 4/5 segundos	Alta: 1016 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Nova
	16	NE/N 17/21 nós	1,5/2,0 metros 4 segundos	Alta: 1016 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Nova
	17	N/NW 17/21 nós	1,5/2,0 metros 3/4 segundos	Alta: 1016 hPa	Encoberto com pancadas de chuvas	Nova
Jan 97	16	NE/N 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1016 hPa	Pouco nublado	Crescente
	22	NE/N 11/16 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1016 hPa	Pouco nublado	Crescente
	23	NE/N 17/21 nós	1,0/1,5 metros 3/4 segundos	Alta: 1016 hPa	Pouco nublado	Cheia

Sob domínio do Anticiclone Tropical do Atlântico Sul, os ventos apresentaram-se provenientes dos quadrantes NW/N/NE, exceto em dois dias da campanha de setembro, quando a diminuição da pressão barométrica e a alteração na direção dos ventos para SE/NE indicaram a provável entrada de uma frente fria. As ondas previstas em mar aberto apresentavam altura entre 1,0 a 1,5 m, e período de 3 a 4 s. Quanto à fase da lua, as coletas foram realizadas em dias de lua minguante e crescente, exceto em julho, quando a coleta foi realizada sob lua nova.

As ondas previstas de altura de 1,5 a 2,0 m de altura e período de 4 s foram geradas, sob domínio de frente fria, por ventos provenientes de S/SE/E com velocidades variando entre 11 e 21 nós nas campanhas de junho, agosto e no dia 17 de outubro, e também por ventos de NE/N/NW, da retaguarda da frente fria, com velocidades também de 11 a 21 nós dos dias 19 e 20 de outubro e 16 e 17 de novembro de 96. Em junho a lua apresentava-se minguante e nos demais dias de coleta apresentava-se nova e crescente. Nas campanhas de abril, maio e no primeiro dia da campanha de novembro (dia 15) de 96 os ventos apresentavam-se mais intensos. Em abril, a velocidade atingiu até 33 nós e o aumento rápido da pressão barométrica indicava o domínio de frente fria (Ayoade, 1988) e em novembro, sob domínio do Anticiclone Tropical Sul os ventos atingiram velocidades de 21 nós. Quanto à direção, em abril e maio, os ventos associados a sistemas frontais vinham de SE/E e em novembro de NE. Tais condições meteorológicas desenvolveram ondas de altura de 2,0 a 3,0 m, com período médio de 5 s. As amostragens foram realizadas sob lua nova.

6.1.2.2 Altura da onda na arrebentação e nível da maré no momento da observação topográfica

Nas Figuras 6-2 a 6-4 observa-se os valores estimados para a alturas das ondas na arrebentação e os níveis da maré corrigidos para o momento do levantamento das estações P1 (Praia de Bicanga) a P24 (praia de Povoação). As colunas que representam as alturas das ondas estão sombreadas de acordo com as condições meteorológicas identificadas anteriormente. No Anexo IV tem-se os períodos das ondas, os tipos das ondas na arrebentação, as estimativas de energia da onda, velocidade de corrente longitudinal e as estimativas dos volumes de material transportados pela corrente longitudinal em cada estação.

FIGURA 6-2 Estimativa da altura da onda na arrebentação e nível do mar no momento do levantamento das estações P1 (praia de Bicanga) a P8 (praia Grande), entre Janeiro de 96 e Janeiro de 97. Sombreamento das colunas conforme as condições meteorológicas, Tabela 6-1. As ondas mais altas são verificadas associadas a níveis mais altos de maré.

Ondas de alturas iguais ou superiores a 1,00 m foram verificadas nas praias de Bicanga (P1), Manguinhos (P2 e P3) e Jacaraípe (P5) associadas a altos níveis de maré de quadratura e às condições de vento moderados a intensos, como na campanha de outubro e de novembro de 1996 (Fig. 6-2). A atuação da energia resultante dos ventos mais intensos e ondas previstas em alto mar, de até 3,00m da campanha de abril, sobre as ondas na arrebentação parece ter sido dissipada, sendo que, nas praias de Jacaraípe (P4) e Grande (P8), apesar dos baixos níveis de maré no momento da medição, as ondas apresentaram-se altas quando comparadas a situações de níveis de maré semelhantes.

As alturas médias das ondas da estação P1 a estação P8 (Fig. 6-2) variaram de 0,50 a 1,00 m, com exceção da praia de Barreiras (P7) onde as ondas apresentaram alturas sempre inferiores a 0,50 m, mesmo sob condições de frentes frias e maré de sizígia. Os tipos de onda na arrebentação variaram entre mergulhante e deslizante (Anexo IV). Os ângulos de incidência das ondas em relação à direção da praia e as velocidades da corrente longitudinal variaram em função das condições meteorológicas, enquanto que a capacidade de transporte destas correntes variou também em função do nível da maré no momento da observação, quando as taxas apresentavam-se maiores (Anexo IV).

Na Figura 6-3 observa-se que alturas das ondas na arrebentação geralmente superiores a 1,00 m foram verificadas na praia do Rio Preto (P9 e P10) em função primordialmente das condições meteorológicas. A influencia do nível da maré na altura da onda na arrebentação parece ser menor nestas duas estações. As praias Formosa (P11) e dos Padres (P15) apresentaram altura de onda na arrebentação preferencialmente entre 0,60 e 1,00 m, também variando em função das condições meteorológicas e do nível da maré. Nas demais estações, ondas sempre inferiores a 1,00 m mostraram-se mais dependentes do nível da maré no momento da medição. O tipo de arrebentação de onda predominante nas praias é o deslizante, seguido do mergulhante ocorrendo juntamente com o deslizante, mais próximo à costa, devido à presença das couraças. Ondas ascendentes foram observadas nas praias de Coqueiral e Sauna, por ocasião de níveis de marés médias e altas. Por ocasião de marés mais baixas a leitura das ondas ficou impossibilitada devido à pequena altura da onda (Anexo IV).

FIGURA 6-3 Estimativas das alturas das ondas na arrebenção e nível do mar no momento do levantamento das estações P9 (praia do Rio Preto) a P16 (praia Mar Azul), entre Janeiro de 96 e Janeiro de 97. Sombreamento das colunas conforme as condições meteorológicas, Tabela 6-1. As ondas mais estão associadas a níveis mais altos de maré.

Na Figura 6-4 tem-se as alturas das ondas na arrebentação das praias de Potiri (P17) a praia de Povoação (P24). A praia de Potiri apresentou ondas em torno de 1,00 m. Ondas com alturas superiores a 1,00 m foram verificadas em abril e junho de 96 associadas às frentes frias e as inferiores associadas aos ventos NE e níveis mais baixos de maré. A praia de Barra do Saí (P18) apresentou alturas de ondas geralmente variando entre 0,60 e 1,00 m, sendo as superiores verificadas em junho e agosto de 96, também associadas às frentes frias e as mais baixas associadas a baixos níveis de maré. O tipo de arrebentação predominante foi o ascendente seguido do mergulhante (Anexo IV), sendo que mais distante da linha de praia, na antepraia inferior ocorre uma arrebentação, do tipo deslizante devido à presença das couraças submersas.

As praias correspondentes à planície deltaica do rio Doce apresentaram-se alturas das ondas na arrebentação predominantemente superiores a 1,00 m e independentes do nível da maré (Fig. 6-4).

A praia de Barra do Riacho (P19) apresentou altos valores de altura de onda na arrebentação (mínima de 0,90 e máxima de 2,70m) e portanto altos valores de energia das ondas que se arrebentam segundo o tipo ascendente (Anexo IV). A maior altura de onda foi verificada na campanha de abril, sob domínio de frente fria e nível da maré baixo. As praias de Comboios, Regência e Povoação (P20 a P24), apresentaram também altos valores de alturas de onda, de 0,70 a 2,00m (Fig. 6-4), com o predomínio do tipo mergulhante, seguido pelo tipo deslizante (Anexo IV).

O maior estoque de sedimentos na antepraia superior deste trecho do litoral aumenta a esbeltez da onda na zona de arrebentação e desenvolve zona de surfe com arrebentações de ondas mergulhante e/ou deslizante. As maiores alturas de ondas foram verificadas em abril, agosto e novembro de 96, sempre associadas a passagens de frentes frias.

Nas praias entre Barra do Riacho a Povoação observou-se que as condições meteorológicas agem diretamente sobre a direção, velocidade e capacidade de volume transportado pelas correntes longitudinais (Anexo IV). Os altos valores de ângulos de chegada das ondas em relação à direção da praia, conjugados às altas alturas da onda na arrebentação (H_b) desenvolvem grande capacidade de transporte de sedimento pela corrente longitudinal para este trecho do litoral. Diferentemente do trecho das praias de Bicanga a Barra do Saí, o nível da maré no momento da medição não parece atuar sobre a energia das ondas, que aparentemente depende das condições meteorológicas.

FIGURA 6-4 Estimativas das alturas das ondas na arrebentação e nível do mar no momento do levantamento das estações P17 (praia de Potiri) a P24 (praia de Povoação), entre Janeiro de 96 e Janeiro de 97. Sombreamento das colunas conforme as condições meteorológicas, Tabela 6-1. As ondas mais altas estão associadas as estações situadas na planície deltaica do rio Doce.

6.1.2.3 Variação topográfica dos perfis praias

6.1.2.3.1 Praias de Bicanga e Manguinhos

As praias de Bicanga e Manguinhos são marcadas pela presença de dunas frontais, ainda bem conservadas no perfil 1 (Fig. 6-5) e alteradas, pela presença de uma estrada marginal à praia, nos perfis 2 e 3. Apresentam a zona submarina próxima rasa, plana e com couraças lateríticas.

O perfil da praia de Bicanga (P1), após quatro campanhas com pequena variação topográfica, registrou erosão em maio. O agravamento desta erosão foi verificado na campanha de julho. A partir de agosto de 96 a janeiro de 97 o perfil apresentou pequena construção, não sendo portanto suficiente para a completa recuperação do perfil como pode ser observado na comparação da topografia dos perfis de janeiro de 96 com o de 97.

O perfil 2 da praia de Manguinhos também registrou um processo erosivo a partir de maio de 96, depois de quatro campanhas com pequenas variações topográficas. O estado erosivo manteve-se nos meses subseqüentes, sendo atingido em janeiro de 97 o maior recuo (Fig. 6-5).

Já o perfil topográfico 3 da praia de Manguinhos apresentou variação topográfica contrária dos perfis 1 e 2. De janeiro a abril de 96 o perfil apresentou pequena variação, mantendo-se recuado. A partir de maio de 96 verificou-se a sua construção, que foi interrompida na campanha de setembro de 96. O perfil manteve-se recuado até janeiro de 97, quando se observa uma pequena erosão em relação ao perfil de janeiro de 96.

A dissipação das ondas pelas couraças lateríticas causou a pequena variação topográfica dos perfis topográficos, sem contudo mascarar por completo o comportamento topográfico em função da sazonalidade. Foi verificada a tendência construtiva nos meses de janeiro a abril e erosiva nas campanhas de maio a setembro dos perfis 1 e 2 das praias de Bicanga e Manguinhos e tendência inversa do perfil 3, localizado na extremidade norte de um arco praiado voltado para SE.

6.1.2.3.2 Praia de Jacaraípe

Os perfis topográficos da praia de Jacaraípe (P4, P5 e P6) apresentam dunas frontais em diferentes estágios de conservação (Fig. 6-6). Nos perfis 4 e 5,

FIGURA 6-5 - Variações topográficas dos perfis praias das praias de Bicanga e Manguinhos. Observa-se o recuo dos perfis ao final de um ano, desencadeado em abril e maio de 1996.

pequenos trechos de dunas podem ser observados a partir da calçada e dos quiosques. No perfil 6, a duna frontal encontra-se ainda em bom estado de conservação. As couraças estão dispostas irregularmente nas antepraias superior e inferior.

Durante o monitoramento os perfis apresentaram grandes variações topográficas. O perfil topográfico 4, localizado na margem sul de um arco praial voltado para NE, apresentou construção nas porções emersa e submersa nas campanhas de janeiro, fevereiro e março de 96 e janeiro de 97. Nas campanhas de abril a novembro de 96, a topografia emersa registrou recuo, com erosão das dunas frontais, correspondendo também ao menor volume de sedimentos depositado na porção submersa. Comparando o perfil topográfico de janeiro de 96 com o de janeiro de 97 observa-se que houve uma pequena erosão do perfil topográfico emerso.

No perfil 5, a partir da campanha de maio de 96, a topografia anterior com pequena tendência construtiva, passou a registrar recuo da praia, culminando com a erosão de aproximadamente 6 m na porção remanescente de duna frontal, na campanha de janeiro de 97 (Fig. 6-6).

No perfil 6 da praia de Jacaraípe foi verificada a interação entre a duna e a praia durante o monitoramento. A topografia praial emersa mostrou grande variação, enquanto que a topografia submersa apresentou pequena declividade e comportamento estável durante as amostragens. Nas campanhas de janeiro e fevereiro de 96 foi verificada a construção do perfil emerso, representada pelo desenvolvimento do berma. A partir de março o perfil exibiu tendência à erosão mantendo-se recuado até a campanha de janeiro de 97, quando novamente foi verificada a construção, com o desenvolvimento de uma grande cúspide praial. Diferentemente dos demais perfis da praia de Jacaraípe, não foi observada erosão na praia ou duna durante o monitoramento no perfil 6. Esta situação, muito provavelmente, está em parte relacionada à conservação da duna, que funciona como um estoque de sedimentos para a praia durante maiores alturas de onda, que são parcialmente dissipadas pelas couraças neste trecho da costa.

FIGURA 6-6 - Variações topográficas dos perfis praias da praia de Jacaraípe. Observa-se erosão das dunas frontais nos perfis 4 e 5 e estabilidade no perfil 6.

6.1.2.3.3 Praias do Barreiras e Grande

Na Figura 6-7, os perfis topográficos das praias de Barreiras e Grande são caracterizados pela presença de dunas frontais em bom estado de conservação e por uma zona submarina próxima rasa.

O perfil 7, da praia de Barreiras, apresentou durante as campanhas de janeiro, fevereiro e março de 96, tendência construtiva, com desenvolvimento do berma praial. Na zona submersa registrou-se a presença de uma pequena calha seguida por um pequeno banco na antepraia. A partir de abril de 96, sob domínio de frente fria, foi verificado recuo da praia, embora ela esteja protegida contra a ação de ventos provenientes do S-SE e tenha uma antepraia rasa. Observa-se pelo perfil topográfico de agosto de 96 (Fig. 6-7, h), que o recuo da porção emersa ocorreu com sedimentação na parte submersa, em forma de banco, separado do perfil emerso por uma calha. O estado recuado do perfil praial manteve-se até o final do monitoramento, quando se observa o desenvolvimento de um berma mais alto e recuado (Fig. 6-7).

O perfil 8, de praia Grande, apresentava ainda nas quatro primeiras campanhas dunas frontais parcialmente conservadas. Em maio de 96, estas dunas foram substituídas por um campo para jogos e estacionamento de carros (Fig. 6-7). Nas três primeiras campanhas o perfil topográfico pouco variou. Em abril registrou-se uma erosão seguida por uma pequena tendência construtiva nos meses subseqüentes. A comparação do perfil topográfico de janeiro de 96 com o de janeiro de 97 mostra a formação de uma calha e um banco, muito provavelmente desenvolvidos em momento de submersão, por ocasião de maré alta. Estas feições indicam ainda o aumento do comprimento do perfil exposto à ação da arrebentação e espraçamento da onda, que já pode representar uma consequência erosiva da retirada das dunas frontais.

A comparação dos perfis de janeiro de 97 e 98 das praias de Barreiras e Grande mostra ainda a pequena adaptação morfológica dos perfis que tenderam à estabilidade. Os perfis apresentam capacidade de construção após a erosão de abril, entre outras causas, devido ao aporte do rio Reis Magos represado pelas couraças e à chegada de ondas de baixas alturas.

FIGURA 6-7 Variações topográficas dos perfis praias das praias de Barreiras e Grande. Observa-se pequeno recuo do berma ao final do monitoramento.

6.1.2.3.4 Praia do Rio Preto

Na Figura 6-8 tem-se os perfis topográficos P9 e P10, da praia do Rio Preto, que apresentam declividade alta do perfil emerso (1:5) e zona submersa rasa e com declividade suave. Observa-se couraças na face da praia e na antepraia superior.

O perfil 9, que nas quatro primeiras campanhas manteve a tendência de construção, a partir de maio de 96 apresentou erosão, mantendo-se assim até o final do monitoramento. Através dos dados levantados para a topografia submersa verificou-se que, tanto na situação de construção (Fig. 6-8, campanha de fevereiro de 96, b), como na de erosão do perfil emerso (campanha de agosto de 96, h), foi verificada a presença de um terraço arenoso. O predomínio de ondas tipo deslizante nesta estação de amostragem (Anexo IV) é determinado pela pequena profundidade da antepraia superior, devido à presença do terraço de couraças.

O perfil 10 apresentou pouca variação topográfica do perfil emerso durante o monitoramento, apresentando-se retilíneo, sem desenvolvimento do berma. O perfil submerso, observado nas campanhas de fevereiro e agosto, mostrou uma antepraia rasa e retilínea. A direção da estação voltada para SE permite a arrebentação de ondas de altura superior a 1,5m, em condições de frentes frias.

6.1.2.3.5 Praias Formosa, Santa Cruz e Coqueiral

Na Figura 6-9 podem ser observadas as variações topográficas dos perfis das praias Formosa (P11), Santa Cruz (P12) e Coqueiral (P13).

O perfil da praia Formosa apresenta duna frontal em moderado estado de conservação e declividade da porção emersa moderadamente alta e zona submersa rasa e retilínea. Durante o monitoramento o perfil manteve-se estável, com erosão registrada em junho e setembro de 96, associados à maiores energias de ondas (Anexo IV).

FIGURA 6-8 Variações topográficas dos perfis praias da praia do Rio Preto. Observa-se erosão do P9 desencadeada em maio de 96 e estabilidade do P10, ao longo do monitoramento.

Próximo à desembocadura sul do rio Piraquê-Açu, a linha de costa é caracterizada pela presença de manguezais e pela ausência de praias arenosas, sendo uma das exceções a estação 12, onde se depositam areias logo após o manguezal. O perfil apresentou erosão na campanha de abril e de maio a agosto apresentou uma pequena tendência a construção. A partir de setembro o perfil voltou a erodir, sendo o processo erosivo interrompido em janeiro de 97.

O trecho norte da desembocadura do rio Piraquê-Açu, aqui representado pelos perfis 13 e 14 (Fig. 6-10) é caracterizado por uma zona submersa rasa e pela presença marcante de couraças lateríticas por toda a antepraia. Na porção emersa registra-se a presença de dunas frontais, ainda em bom estado de conservação, topografia praial com declividade moderada (aproximadamente 1:12). A pequena variação e altura das ondas na arrebentação, sob diversas condições meteorológicas, devido à dissipação das mesmas pelas couraças são responsáveis pela pequena variação topográfica apresentada pelo perfil praial de Coqueiral durante o monitoramento.

6.1.2.3.6 Praias da Sauna, dos Padres e Mar Azul

Nos trechos mais ao norte do perfil da praia da Sauna (P14, Fig. 6-10), onde as areias são ausentes ou escassas, registrou-se erosão com queda das árvores de mangue durante o monitoramento. Porém esta erosão não foi verificada no perfil 14, onde até outubro de 96 o perfil manteve-se estável, indicando a interação e troca de sedimentos entre a duna frontal e a praia sob condições mais energéticas.

A praia dos Padres (P15), é caracterizada por dunas frontais que foram substituídas por um campo de voleibol. A face da praial apresenta declividade moderadamente alta (1:8) e antepraia superior rasa (1:20). O perfil apresentou construção nas campanhas de junho e setembro de 96 e na campanha de janeiro de 97 (Fig. 6-10). Na campanha de setembro, realizada durante a passagem de uma intensa frente fria, registrou-se ainda maior desenvolvimento das dunas frontais, provavelmente devido ao transporte de sedimentos da praia para a duna após o depósito de areias no berma por ondas mais energéticas. Nas demais campanhas, sejam em tempo bom ou de tempestade, o perfil topográfico manteve-se estável.

FIGURA 6-9 Variações topográficas dos perfis praias das praias Formosa, Santa Cruz e Coqueiral. Observa-se que no período de um ano, os perfis 11 e 13 mantiveram-se estáveis, enquanto que o perfil 12 construiu.

FIGURA 6-10 Variações topográficas dos perfis praias das praias da Sauna (P14), Padres (P15) e Mar Azul (16).
Observa-se estabilidade dos perfis após um ano de monitoramento.

A praia de Mar Azul, representada pelo perfil topográfico 16, apresenta antepraia recoberta por couraças lateríticas que se estendem por mais de 200m mar adentro (Fig. 6-10). Elas protegem o perfil topográfico contra às ações erosivas das ondas pois dissipam sua energia até atingirem a face da praia, o que faz com que o perfil mantenha-se topograficamente estável no período de um ano. Evento construtivo, iniciado na campanha de setembro atingiu o seu máximo em outubro de 96.

6.1.2.3.7 Praias de Potiri e Barra do Saí

Na Figura 6-11 estão apresentadas as variações topográficas dos perfis das praias de Potiri (P17) e de Barra do Saí (P18). A praia de Potiri apresenta à retaguarda cordões litorâneos vegetados em bom estado de conservação e perfil emerso com declividade moderadamente alta (aproximadamente 1:10). O perfil apresentou-se recuado nas quatro primeiras campanhas. A partir de maio de 96 foi registrada pequena construção. Em novembro de 96 e janeiro de 97, o perfil recuou, resultando na erosão parcial do cordão. Os dados obtidos para a topografia do perfil submerso, na campanha de janeiro e julho de 96, revelaram uma zona submersa rasa e estável.

O perfil de Barra do Saí apresentou comportamento topográfico estável nas três primeiras campanhas e grande construção em abril de 96. Com a entrada de constantes frentes frias, acompanhadas de chuvas, é provável que a vazão do rio tenha aumentado o suficiente para gerar junto à costa o efeito molhe. Este poderia ser o responsável pelo bloqueio de sedimentos transportados pela corrente longitudinal vinda do sul, e depositados à barlamar, na praia de Barra do Saí. Este processo pode explicar a intensa construção ocorrida imediatamente depois da passagem da intensa frente fria. A partir de maio de 96 o perfil tendeu novamente a recuar, alcançando na campanha de janeiro de 97 a mesma situação topográfica verificada na campanha de janeiro, do ano anterior.

Figura 6-11 Variações topográficas dos perfis praias das praias de Potiri e Barra do Saí. Observa-se estabilidade topográfica no final de um ano de monitoramento.

6.1.2.3.8 Praias de Barra do Riacho, Comboios e Regência

Nas figuras 6-12 e 6-13 estão mostradas as variações topográficas dos perfis das praias de Barra do Riacho, Comboios e Regência, situadas no arco praial ao sul da planície deltaica do rio Doce (Fig. 5-1). A planície litorânea desta faixa está bem preservada, já que faz parte de uma reserva indígena, na porção ao sul e de reserva biológica do projeto TAMAR (Tartarugas Marinhas do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA) na porção norte.

Os perfis localizados mais ao sul (P19 e P20), apresentam cordões mais altos e declivosos em relação ao nível médio do mar quando comparados aos perfis 21 e 22 mais ao norte.

O perfil da praia de Barra do Saí (P19), com exceção das campanhas de maio, julho e agosto de 96, quando foi registrado pequeno recuo, durante as demais campanhas apresentou-se estável. Esta estabilidade foi constatada na comparação do perfil inicial, em janeiro de 96 e o final, em janeiro de 97.

O perfil 20 da praia de Comboios apresentou-se altamente dinâmico, com erosão no final de um ano de monitoramento. Na campanha de janeiro de 96 o perfil apresentou-se mais retilíneo. Em fevereiro foi constatado o desenvolvimento de dois bermas e deposição na antepraia. Em abril de 96 iniciou-se erosão do cordão litorâneo vegetado que se manteve em maio. Nas campanhas seguintes, de julho, setembro, outubro e novembro de 96, o perfil sofreu construção e em janeiro de 97 registrou-se o recuo da praia. Comparativamente com o perfil inicial de janeiro de 96, este último registrou uma erosão de 15 m da porção frontal do cordão litorâneo.

No perfil 21 da praia de Comboios foi constatado intenso dinamismo topográfico. Entre 80 e 105 m do comprimento do perfil, a partir do ponto inicial 0 (Fig. 6-14), há um campo de dunas frontais, constantemente alterado para a implantação de calhas de drenagem de água pelo projeto TAMAR (Tartarugas Marinhas) do IBAMA. A praia propriamente dita inicia-se a partir dos 105 m do ponto inicial. Nas três primeiras campanhas de 96, o perfil emerso apresentou tendência à construção, com o desenvolvimento, na porção submersa, de calha e banco longitudinal em janeiro, e terraço arenoso em fevereiro e março. Na campanha de abril apresentou recuo e na campanha subsequente, maio de 96, registrou a maior construção. Nas campanhas de julho e agosto de 96 o perfil voltou a erodir. A partir de setembro o perfil voltou a

FIGURA 6-12 Variações topográficas dos perfis praias das praias de Barra do Riacho (P19) e Comboios (P20). Observa-se estabilidade no perfil de Barra do Riacho e construção no P20 da praia de Comboios ao final de um ano de monitoramento.

construir, apresentando ao final do monitoramento, pequenas variações morfológicas e estabilidade no intervalo de um ano.

O perfil 22, da praia de Regência apresentou-se recuado na primeira campanha, janeiro de 96, com declividade moderada da face da praia e desenvolvimento de terraço na antepraia. Nas campanhas que se seguiram houve sedimentação no perfil. Esta tendência estava interrompida nas campanhas de agosto e setembro de 96, quando se observou o recuo do perfil. Em novembro de 96 foi registrada construção mais intensa, seguida, em janeiro de 97, por uma pequena erosão. Comparativamente observa-se que o perfil de janeiro de 96 encontrava-se um pouco mais recuado que o perfil de janeiro de 97, sem contudo indicar uma tendência construtiva, já que o monitoramento revelou sua dinâmica.

O comportamento topográfico dos perfis praias das praias de Barra do Riacho, Comboios e Povoação indicaram que este trecho da planície costeira apresenta comportamento similar, sendo vulnerável às alterações das condições meteorológicas, como verificado nas alturas de onda na arrebentação. Os perfis das praias de Barra do Riacho e Comboios apresentaram erosão no mês de abril enquanto que o perfil da praia de Regência (P22), próximo a desembocadura do rio Doce, apresentou construção, indicando o transporte longitudinal ocasionado pelas ondas incidentes geradas pelos ventos intensos de SE/E (Tab. 6-1). Todos os perfis apresentaram erosão na campanha de agosto e setembro de 96, associada à entrada de frentes frias e construção em novembro de 96, sob domínio dos ventos de NE. Com exceção do perfil 20 que teve grande parte de seu cordão litorâneo erodido em janeiro de 97 depois de um processo desencadeado a partir de abril de 96, os perfis apresentaram estabilidade no final do período do monitoramento.

6.1.2.3.9 Praia de Povoação

Os perfis da praia de Povoação (P23 e P24) podem ser observados na Figura 6-14. O perfil 23, próximo à desembocadura do rio Doce, apresenta cordões litorâneos vegetados e dunas frontais conservadas em sua retaguarda. Na campanha inicial, de janeiro de 96, o perfil apresentava um terraço arenoso na antepraia. Nas campanhas de fevereiro e maio o perfil apresentou pequena construção e em março pequeno recuo, em relação ao perfil inicial de janeiro. Em julho de 96 ocorreu intensa erosão,

FIGURA 6-13 Variações topográficas dos perfis praias das praias de Comboios (P21) e Regência (P22). Observa-se estabilidade do perfil da praia de Comboios e construção em Regência ao do monitoramento.

que destruiu aproximadamente 20 m do berma. Nas demais campanhas a tendência erosiva manteve-se, sendo agravada em setembro de 96. Comparando o perfil inicial de janeiro de 96 com o último, em novembro de 96, observa-se que o perfil não apresentou completa recuperação que foi iniciada em novembro de 96.

O comportamento topográfico do perfil 24 nas quatro primeiras campanhas foi o inverso do perfil 23 e semelhante nas demais. O perfil apresentou recuo da praia em fevereiro, abril e maio e progradação em março em relação à situação inicial de janeiro de 96. A partir de julho o perfil sofreu erosão, que também foi agravada em setembro de 96, associada à passagem de frentes frias, sem registrar recuperação em novembro de 97. A erosão deste perfil, situado na vila de Povoação causou a destruição de construções.

As frequentes entradas de frentes frias e os altos índices pluviométricos do período na região Sudeste (INPE, 1998), que causaram enchentes no rio Doce e elevação do lençol freático, provavelmente foram os responsáveis pela tendência erosiva observada no setor norte da desembocadura do rio Doce durante o monitoramento. Houve dificuldades na obtenção de dados da antepraia, mas a presença de extensa zona de surfe e a procura do local por surfistas sugerem a presença de banco e calha longitudinais.

6.1.3 Resultados integrados da fisiografia da plataforma e perfis praias

No litoral associado aos tabuleiros da Formação Barreiras, a morfologia da zona submersa mostra que, a partir da isóbata de 30 m até a linha de praia, o fundo apresenta declividade moderada, o que permitiria a chegada de ondas com alta energia nas praias durante o monitoramento. Estas não foram observadas na zona de arrebentação.

A presença das couraças lateríticas na antepraia causa o represamento dos sedimentos nesta zona (Albino & Oliveira, 1995), desenvolvendo de maneira geral, para este trecho do litoral, uma antepraia com pequeno declive e com terraço consolidado e/ou arenoso. As ondas de mar aberto ao chegarem em águas rasas são dissipadas pelo fundo e esta dissipação é tão intensa que, por muitas vezes, mascara

FIGURA 6-14 Variações topográficas dos perfis praias da praia de Povoação (P23 E 24). Observa-se intensa erosão desencadeada a partir de abril e maio de 96.

às condições meteorológicas e oceanográficas de mar aberto no momento da observação, sendo responsável pelos baixos a moderados valores estimados para a capacidade de transporte da corrente longitudinal. A variação do nível de maré consegue sobrepujar a dissipação das ondas incidentes e pode ser observada coincidindo com a variação das ondas na zona de arrebentação.

Devido à dissipação das ondas a maioria dos perfis topográficos apresentou pequena variação topográfica sazonal com tendência à estabilidade. Nas estações onde as couraças encontram-se dispostas mais esparsamente sobre a antepraia houve menor dissipação das ondas e os perfis apresentaram pequena erosão.

As maiores construções foram verificadas nos perfis próximos a desembocaduras fluviais, por ocasião de frentes frias e chuvas. Nos perfis das praias Grande, Rio Preto, Padres, Potiri e Barra do Saí a dissipação das ondas apresentou-se menor, provavelmente devido à proximidade da isóbata de 10 m da costa nestes trechos e à posição das couraças na antepraia inferior, na altura da arrebentação das ondas.

As praias associadas à planície deltaica do rio Doce apresentaram maior variabilidade topográfica dos perfis praias do que as praias associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras. A ausência da rugosidade e a alta declividade da plataforma continental interna possibilita a entrada de ondas na antepraia refletindo as condições oceanográficas e meteorológicas de mar aberto. Há ainda o aporte fluvial dos rios Riacho e Doce que atua sobre as dinâmicas topográfica e sedimentar dos perfis, sendo responsável pela tendência estável dos perfis, excetuando-se a praia de Povoação.

As precipitações pluviométricas que acompanharam as passagens das frentes frias causaram o aumento da vazão do rio Doce, cujo fluxo atuou como um molhe hidráulico bloqueando as areias transportadas pela corrente longitudinal provenientes de sul, nas praias situadas na margem sul da desembocadura. A praia de Povoação, ao norte da desembocadura do rio Doce, deixou então de receber os sedimentos transportados por estas correntes durante as passagens de frentes frias, freqüentes a partir de julho, o que possivelmente foi responsável pela erosão registrada.

6.2 Sedimentologia

6.2.1 Granulometria dos sedimentos das principais desembocaduras fluviais

Na Figura 6-15 tem-se os histogramas da distribuição granulométrica das nove amostras dos sedimentos fluviais analisadas.

6.2.1.1 Rio Reis Magos

Os sedimentos que compõem a carga do leito do rio Reis Magos, que desemboca em Nova Almeida são caracterizados por areias médias, com os maiores pesos retidos na fração de 1 a 2 ϕ . A distribuição granulométrica é aproximadamente simétrica e com grau de seleção moderado. A presença de lama, em teor inferior a 2%, é observada.

6.2.1.2 Rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim

O rio Piraquê-Mirim encontra-se com o Piraquê-Açu nas proximidades da desembocadura do rio Piraquê-Açu. Este último é caracterizado por sedimentos arenolamosos, com a percentagem de lama em torno de 20%. A distribuição granulométrica da fração areia apresenta-se levemente assimétrica com a cauda para o lado dos sedimentos grossos. O grau de seleção apresenta-se pobre, com os grão retidos entre os intervalos de -1,25 ϕ a 3,25 ϕ e fração arenosa modal em 2,00 ϕ (areia fina).

Os sedimentos do rio Piraquê-Mirim apresentam-se essencialmente arenosos, com distribuição granulométrica unimodal, cujas frações modais situam-se nas classes de 1,5 e 2,0 ϕ (areia fina), assimétrica com a cauda para o lado dos grossos e com grau de seleção moderado.

6.2.1.3 Rios Comboios e Riacho

Os sedimentos que desembocam no mar pelo rio Riacho são provenientes da junção dos rios Riacho, que atravessa os tabuleiros terciários e do rio Comboios, que corta a planície deltaica do rio Doce, próximo à desembocadura estando situado em uma depressão intercordões litorâneos, paralela à linha de costa (Fig. 5-1).

FIGURA 6-15 Histogramas da distribuição granulométrica dos sedimentos do leito dos rios Reis Magos, Piraquê-Açu, Piraquê-Mirim, Riacho, Comboios e Doce. Observa-se o predomínio de areias médias. Março de 1996.

Os sedimentos do rio Comboios apresentam-se essencialmente arenosos, com distribuição unimodal, assimétrica e bem selecionada. Os maiores pesos são registrados entre as frações - 0,5 phi a 0,5 phi, correspondendo às areias grossas. Os sedimentos do rio Riacho apresentam-se predominantemente compostos por areias e por pequena contribuição de lama. As areias apresentam distribuição granulométrica com moderado grau de seleção e classes modais correspondendo a areias grossas a muito grossas.

Os sedimentos de fundo da junção dos rios Riacho e Comboios próximos à desembocadura do rio apresentam-se essencialmente arenosos, com distribuição simétrica e unimodal, com os maiores pesos retidos nas frações 0,5 a 0 phi, correspondendo a areias grossas.

6.2.1.3 Rio Doce

As três amostras coletadas no rio Doce na margem sul, centro e margem norte revelam uma carga de leito essencialmente arenosa. A distribuição granulométrica das areias das margens norte e sul apresentam-se unimodais, com as classes modais, nas frações de 1 phi e 0 phi, correspondendo a areias grossas. A amostra coletada no centro apresenta distribuição assimétrica com a cauda para o lado das areias grossas, grau de seleção pobre e classes modais situadas nas frações 2,5 phi e 2,0 phi, correspondendo à fração de areia fina. As diferenças da distribuição das areias de fundo são devidas aos diferentes processos de seleção granulométrica. As margens apresentam profundidades em torno de 2,5 m, com maior vazão, enquanto que no leito da porção central, a profundidade máxima é de 1 m, onde se registra área de deposição, com desenvolvimento de barra fluvial submersa.

Frações finas, correspondendo à lama, não foram encontradas nos sedimentos de fundo, mas a cor da água do rio sugere que haja transporte relativamente importante destas frações em suspensão.

6.2.2 Sedimentologia da plataforma continental interna

6.2.2.1 Faciologia da cobertura sedimentar

A Figura 6-16 apresenta a faciologia dos sedimentos superficiais da plataforma continental estudada. À primeira vista podem ser reconhecidas três áreas com fácies sedimentares distintas: a primeira, adjacente à desembocadura do rio Doce, apresenta predomínio de sedimentos lamosos e lamo-arenosos; a segunda, localizada defronte à praia de Comboios e proximidades, é constituída por areias essencialmente quartzosas; e a terceira, recobrindo a zona submersa correspondente ao litoral de Barra do Saí à praia de Bicanga, apresenta sedimentos essencialmente bioclásticos.

Na área adjacente à desembocadura do rio Doce fica evidente o aporte sedimentar deste rio à zona submersa, predominando a fácies lama-arenosa, intercaladas pelas fácies areia lamosa e areia quartzosa, esta última sendo possivelmente resultado da retirada da fração fina pela ação das ondas. Manchas isoladas de sedimentos essencialmente lamosos são encontrados ao sul da desembocadura, muito provavelmente oriundos do rio Doce, e ao norte, próximas às desembocaduras de pequenos canais na praia de Povoação. A presença de uma faixa alongada recoberta pela fácies de areia biolitoclástica, distante aproximadamente 18 km rumo mar aberto da desembocadura fluvial, provavelmente define a zona de interface entre a contribuição do aporte continental, representada pelas fácies lama-arenosa, e a contribuição do aporte marinho de areias bioclásticas.

A região submersa defronte à praia de Comboios apresenta-se recoberta por areias essencialmente quartzosas. As grandes manchas de areias lamosas e os pontos isolados de areias biolitoclásticas sugerem alternâncias no suprimento de transporte e/ou a deposição de sedimentos pelas correntes de fundo do nordeste e do sudoeste, respectivamente.

Em geral, a plataforma continental entre Barra do Saí e praia de Carapebus é caracterizada pela cobertura sedimentar carbonática. Manchas de areias essencialmente quartzosas são encontradas próximas à desembocadura do rio Reis Magos e a fácies de areia lamosa é registrada nas proximidades de todas as desembocaduras fluviais, representando o aporte das mesmas. As fácies de construções carbonáticas e/ou couraças lateríticas com incrustações carbonáticas são ladeadas pelas fácies de fragmentos carbonáticos e de areias bioclásticas, revelando a

FIGURA 6-16 Mapa faciológico dos sedimentos de fundo da plataforma continental adjacente à Vitória a praia de Povoação, ao norte da desembocadura do rio Doce -ES. Observa-se predomínio de sedimentos bioclásticos na porção sul e sedimentos litoclásticos areno-lamosos na porção norte.

origem das areias e o processo de fragmentação pela ação das ondas sobre as construções carbonáticas. A fácies de areia biolitoclástica, abundante nesta zona submersa, estende-se por quase todo o litoral, representando o resultado da contribuição mista de sedimentos marinhos e terrígenos.

6.2.2.2 Classificação granulométrica dos sedimentos de fundo

Na Figura 6-17 cuja legenda é mostrada na Tabela 5-1, tem-se a distribuição granulométrica dos sedimentos biolitoclásticos da plataforma estudada, segundo a classificação proposta por Dias (1996). Os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) são apresentados no Anexo V.

Coincidindo com os resultados mostrados no mapa da faciologia do fundo (Fig. 6-16), a zona submersa adjacente à planície deltaica do rio Doce é predominantemente recoberta por sedimentos lamosos litoclásticos (LL1), com os teores de lama em torno de 25% a 75% ao norte (LL1b) e superiores a 75% (LL1c) ao sul.

As areias encontradas ao norte da desembocadura apresentam composição litoclástica e textura fina a muito fina (AL1e). As areias registradas na porção mais externa da plataforma são classificadas como areias litoclásticas, com teores de carbonato variando de 30% a 50% e textura variando, de norte para sul, de areias fina (AL2e) a grossa (AL2c). Estas areias foram denominadas de areias lito-bioclásticas no mapa faciológico da Figura 6-16.

Nas adjacências da praia de Comboios e desembocadura do rio Riacho são encontradas areias litoclásticas com teores de carbonatos inferiores a 30% (AL1). Na região submersa mais próxima à costa as areias apresentam textura grossa a média (AL1c e AL1d), enquanto que as areias da porção mais externa são texturalmente identificadas como médias a finas (AL1d e AL1e).

As areias litoclásticas grossas e com teores de carbonatos inferiores a 30% (AL1c), encontradas defronte às praias de Barra do Riacho e Saí, estendem-se até a zona submersa defronte a praia de Potiri. A partir deste ponto, rumo ao sul, as areias, ainda de textura grossa apresentam aumento nos teores de carbonatos, atingindo valores entre 35 a 50%, sendo então classificadas como AL2c. Esta substituição nos

FIGURA 6-17 Mapa granulométrico dos sedimentos biolitolásticos que recobrem a plataforma continental interna adjacente à Vitória a praia de Povoação, ao norte da desembocadura do rio Doce - ES.

valores dos componentes das areias indica a mistura dos sedimentos quartzosos com carbonáticos, de teores de carbonatos excedendo 50%, presentes ao sul.

Lamas litobioclásticas são encontradas em pontos isolados próximos às desembocaduras dos rios Riacho, Piraquê-Açu E Reis Magos.

Areias biolitoclásticas (teores de carbonato entre 50 a 70%) e bioclásticas (teores de carbonatos superiores a 70%), correspondentes respectivamente a AB1 e AB2, são encontradas próximas à desembocadura do rio Riacho e à praia de Potiri e apresentam textura grossa a média.

Entre as praias de Potiri e Coqueiral, na altura da praia Mar Azul (P16), é registrada a presença do substrato de couraças (C). Este afloramento é ladeado por cascalhos bioclásticos (CB2b), sendo seguido, rumo ao sul, por grânulos bioclásticos com conchas (GB2a e GB2b). Ainda na zona submersa adjacente à Barra de Riacho e Coqueiral ocorrem areias bioclásticas de texturas média a fina (AB2d, AB2e e Ab1e), mais finas que as areias da zona mais rasa.

Com exceção de uma grande faixa de areias lito-bioclásticas de textura grossa (AL2c), e pontos isolados de lama (LL2c), a zona submersa do litoral de Santa Cruz à Bicanga e Carapebus apresenta-se recoberta por material carbonático com teores superiores a 50%.

Na porção mais externa, ao sul, ocorrem couraças, e a partir deste ponto, rumo ao norte, verifica-se diminuição dos diâmetros das partículas. As couraças mais externas dão lugar aos grânulos (GB2a) que, por sua vez, próximo à linha de costa, são substituídos por areias bioclásticas com altos teores de cascalhos (AB2a e AB2b). Areias bioclásticas de textura fina são encontradas nas vizinhanças da praia de Manguinhos (AB2e). Esta distribuição indica que as couraças são fontes de sedimentos com produção de grânulos e areias por fragmentação pelas ondas.

6.2.2.3 Composição biológica e distribuição das areias bioclásticas

Nas Figuras 6-18 e 6-19 tem-se a distribuição espacial dos componentes biológicos da plataforma continental interna. Os bioclastos são compostos predominantemente por algas coralinas, seguidas por moluscos e briozoários. Equinodermas e foraminíferos apresentam representatividade secundária.

FIGURA 6-18 Distribuição dos teores de algas coralinas, moluscos e briozoários na composição das areias bioclásticas, em intervalos de 20%. Observa-se o predomínio de algas na composição destas areias.

Os altos teores das algas coralinas associados às couraças lateríticas próximas à linha de costa nas três frações analisadas revelam a principal composição das construções carbonáticas marinhas. Os teores tendem ao gradativo decréscimo rumo mar aberto. Contudo, foi também verificada outra fonte a sudeste da plataforma estudada e ainda, observando a distribuição da fração das areias grossas, é nítida a contribuição de algas coralinas vindas de águas mais profundas a nordeste, provavelmente provenientes do banco de Abrolhos. Apesar das algas coralinas incrustadas e articuladas apresentarem no mínimo três fontes distintas, o padrão de distribuição indica sua tendência a concentrar-se nas faixas mais energéticas da plataforma continental, isto é, nas faixas mais próximas à praia. Esta distribuição deve-se provavelmente à alta densidade das algas, característica ainda confirmada, em grande parte dos grãos analisados, pela pequena quantidade ou quase ausência de poros dos grãos, que devido à proximidade da área fonte, não sofreram muita abrasão e apresentam baixa ou nenhuma porosidade.

O padrão de distribuição dos moluscos mostra que em areias muito grossas e grossas são encontrados os mais altos teores, preferencialmente próximos a isóbata de 30m. Nas areias médias e finas os teores apresentam-se relativamente inferiores. O fato de os grãos maiores de moluscos serem encontrados ao longo da faixa de transporte de sedimentos, entre as isóbatas de 30 e 20m, e de haver a diminuição dos teores na fração mais fina, sugere sua resistência à fragmentação e abrasão. Como área fonte, os teores superiores a 60% verificados nas areias grossas a leste do mapa, sugere a plataforma continental mais externa.

A distribuição espacial dos teores dos briozoários apresenta similar padrão nos três intervalos granulométricos analisados. Concentrações superiores a 60% são verificadas distantes da costa, em águas profundas. Rumo à linha de costa há o decréscimo dos briozoários, onde se registram teores inferiores a 20%. O padrão de distribuição indica como área fonte as águas mais profundas a leste e também a sudeste do litoral estudado, correspondendo as couraças e aos cascalhos bioclásticos (CB2b) identificados no mapa faciológico (Fig. 6-16). Os baixos valores registrados próximos à praia sugere a gradual fragmentação e erosão dos briozoários pelas ondas em águas intermediárias e rasas, processos ainda confirmados pelos menores valores relativos dos briozoários na composição das areias médias e finas.

FIGURA 6-19 Distribuição dos teores de equinodermas e foraminíferos na composição das areias bioclásticas. Em intervalos de 5%, observa-se o predomínio destes componentes nas frações de areias médias e finas.

Os equinodermas presentes nas areias muito grossas representam menos de 5% da composição biológica. Nas areias grossas, médias e finas, a contribuição dos equinodermas atinge até 20%. A distribuição deste grupo na plataforma continental estudada mostra que ele é preferencialmente encontrado em diâmetros menores e está localizado em águas mais profundas, indicando como área fonte a plataforma mais externa a leste e a sudeste do litoral estudado. Este padrão assemelha-se ao verificado para os grupos das algas coralinas e dos briozoários e, assim como no padrão de distribuição destes últimos, há uma gradativa diminuição nos teores rumo à praia.

Os foraminíferos presentes nas areias muito grossas e grossas representam somente 0 a 5% dos bioclastos. Na fração das areias médias e finas é identificado, sobre areias litobioclásticas grossas a médias, o alto teor de 29% de foraminíferos. Circundando esta estação, os teores, embora significativos, vão gradativamente diminuindo sobre as fácies areia lamosa e areias bioclásticas. A associação dos foraminíferos com as areias mistas de granulometria mais grossa contraria o esperado para a equivalência hidráulica, já que os foraminíferos são menos densos que os grãos de quartzo (Oehmig, 1983). Por outro lado, a deposição de foraminíferos com sedimentos finos ($< 0,062$) foi observada por Oehmig (1983), sugerindo similares condições críticas de transporte para estes sedimentos.

A distribuição espacial das diferentes frações dos grupos biológicos analisados releva algumas características hidrodinâmicas. As algas coralinas, independente da proximidade da área fonte, tendem a concentrar-se nas faixas mais energéticas e rasas da plataforma continental. Os briozoários e equinodermas, por outro lado são preferencialmente, encontrados em águas mais calmas e profundas. Os teores mais baixos de briozoários na fração mais fina confirma sua vulnerabilidade à abrasão. Os moluscos apresentam maior resistência à erosão e abrasão, e, portanto distribuem-se preferencialmente na faixa com maior energia. Os foraminíferos são observados em zonas preferencialmente deposicionais.

De maneira geral, a distribuição dos bioclastos da plataforma continental interna estudada indica que a principal fonte estaria situada nas águas mais profundas da plataforma continental externa. Os maiores teores das algas coralinas das areias grossas, dos briozoários e dos equinodermas, encontrados na porção nordeste dos mapas de distribuição, sugerem também a contribuição de bioclastos provenientes do banco de Abrolhos. Os altos teores de briozoários e equinodermas observados na plataforma continental ao norte de Vitória, acompanhados de teores significativos de algas coralinas e foraminíferos, apontam que a outra área fonte potencialmente importante seriam as construções carbonáticas compostas preferencialmente por briozoários, situadas a sudeste da plataforma estudada. Outra fonte de algas coralinas incrustantes e articuladas ocorre próxima à linha de praia, nas adjacências de Santa Cruz, Nova Almeida e Jacaraípe, fixadas sobre couraças lateríticas.

6.2.3 Análise integrada da sedimentologia dos rios e da plataforma continental interna

Nas proximidades da desembocadura do rio Doce predominam sedimentos areno-lamosos e arenosos distintamente distribuídos devido a menor profundidade, que torna a ação das ondas na seleção dos sedimentos de fundo mais eficaz. Os sedimentos de fundo, da zona submersa adjacente à desembocadura, são provenientes do rio Doce, que fornece carga sedimentar de leito arenosa e material fino transportado em suspensão. Este último, quando em contato com água marinha, tende a decantar-se por floculação. A dispersão dos sedimentos fluviais do rio Doce costa afora se dá até aproximadamente 15 km, onde são substituídas pelas areias biolitolásticas, que provavelmente recobrem o fundo da zona mais externa.

Na porção sul da planície deltaica do rio Doce, defronte à praia de Comboios e a desembocadura do rio Riacho, a zona submersa é predominantemente ocupada por areias litoclásticas (Fig. 6-17), de granulação grossa (AL1c, Fig. 6-17). A textura das areias do rio Riacho e principalmente do rio Comboios, que corta a planície deltaica, (Fig. 6-16), é semelhante a dos sedimentos da plataforma interna.

A distribuição das areias litoclásticas, rumo ao sul (Fig. 6-16), sugere a ocorrência de possível transporte de sedimentos de fundo para o sul, incluindo portanto o rio Doce como fonte potencial dos sedimentos.

Ao sul da área de estudo, a plataforma é caracterizada pela presença de couraças ferruginosas recobertas por incrustações carbonáticas, responsáveis pelas rugosidades na morfologia do fundo (Fig. 6-1). A ação das ondas sobre as incrustações causa a fragmentação do material carbonático, originando os sedimentos bioclásticos que recobrem predominantemente a zona submersa ao sul. Estes depósitos são formados predominantemente por algas coralinas, próximas à linha de costa, moluscos e briozoários. A presença das fácies de areias essencialmente litoclásticas, biolitolásticas e areias lamosas próxima à costa é devido principalmente à contribuição continental.

6.2.3 Sedimentologia das praias

6.2.3.1 Distribuição e granulometria das areias mistas

6.2.3.1.1 Variação nos teores de lito e bioclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas

Nas Figuras 6-20 a 6-28 tem-se as variações dos teores do lito e bioclastos e os valores de diâmetro médio e do desvio padrão das distribuições granulométricas das areias mistas da face da praia. Os parâmetros granulométricos das areias da berma estão no Anexo V.

As areias das praias de Bicanga e Manguinhos (Fig. 6-20) são compostas predominantemente por fragmentos bioclásticos, com teor médio de 60% e mínimo de 44% registrado na praia de Manguinhos (estação P3) em janeiro de 97. Os maiores valores observados correspondem aos meses de janeiro, junho, julho e agosto de 96 e janeiro de 97. As areias são médias a finas (de 1 a 3 phi) e, de modo geral, mostraram padrão similar de distribuição durante o monitoramento. As areias finas (2 a 3 phi) foram registradas em janeiro e entre abril a agosto de 96 e as areias médias (1 a 2 phi) de setembro a novembro de 1996. Os graus de seleção granulométrica foram moderados, com o desvio padrão variando entre 0,5 a 1 phi. Valores de desvio padrão superiores a 1 phi foram observados somente em março de 96 nas areias biolitoclásticas médias da estação P2 e em janeiro de 97, nas areais litobioclásticas médias da estação P3, praia de Manguinhos.

As areias da praia de Jacaraípe são constituídas predominantemente por bioclastos, que constituem 55% a 94% da distribuição total (Fig. 6-21). Os maiores valores foram observados nos meses de fevereiro, junho, julho e agosto de 96 e em janeiro de 97 na estação P4, de junho a agosto de 96, na estação P5 e em julho de 96 e janeiro de 97 na estação P6. As areias apresentaram-se finas a médias, com as primeiras predominando nos meses de janeiro de 96 e 97 e entre os meses de março a agosto. Em fevereiro, setembro, outubro e novembro predominaram areias médias, com apresentou moderado grau de seleção, ocorrendo empobrecimento no mês de fevereiro na estação P5 e no mês de agosto, na estação P6.

FIGURA 6-20 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias de Bicanga e Manguinhos (ES) entre janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

FIGURA 6-21 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas da praia de Jacaraípe (ES) entre janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

As areias da praia de Barreiras (Fig. 6-22) apresentaram grande variação na composição e na distribuição granulométrica. Nos meses de janeiro a julho e em outubro de 96, houve predomínio dos litoclastos com teores superiores a 60%. As areias variaram de grossas (0 a 1 phi), no meses de agosto de 96 e janeiro de 97 a muito finas (3 a 4 phi) em agosto e setembro de 96. O grau de seleção apresentou-se muito pobre ($\phi > 1,5$) nos meses de janeiro e outubro de 96 e janeiro de 97.

As areias da praia Grande (Fig. 6-22) são constituídas por areias biolitoclásticas, muito finas e bom grau de seleção ($\phi < 0,5$). Areias finas ($2,10 \phi$) com grau de seleção pobre ($\phi > 1,0$) foram registradas em maio de 1996 nas areias litobioclásticas.

FIGURA 6-22 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias de Barreiras e Grande (ES) entre janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

A praia do Rio Preto é constituída por areias litobioclásticas predominantemente grossas a médias, com grau de seleção moderado (Fig. 6-23). Areias finas foram registradas em abril e agosto de 96, na estação P9 e em fevereiro de 96, na estação 10, associadas ao único registro de predomínio das areias bioclásticas sobre as litoclásticas.

FIGURA 6-23 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas da praia de Rio Preto (ES) entre janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

As areias das praias Formosa e Santa Cruz são constituídas predominantemente por areias bioclásticas, com os maiores teores observados nos meses de janeiro, junho, julho e agosto de 96 e janeiro de 97 na praia Formosa e nos dois últimos meses na praia de Santa Cruz (Fig. 6-24). As areias apresentaram-se finas, com grau de seleção moderado. Areias médias com grau de seleção pobre foram registradas em fevereiro e areias grossas predominantemente litoclásticas foram verificadas na praia Formosa em setembro de 96.

FIGURA 6-24 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias Formosa e Santa Cruz (ES) entre janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

As areias da praia de Coqueiral (Fig. 6-25) são constituídas por areias biolitoclásticas predominantemente finas, com moderado grau de seleção. Areias médias com grau de seleção pobre foram registradas em fevereiro de 96 e em janeiro de 97. A praia da Sauna apresentou-se constituída por areias litobioclásticas nos meses de março a junho de 96 e nos demais meses, biolitoclásticas. As areias apresentaram-se médias a finas, com grau de seleção moderado a pobre.

FIGURA 6-25 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias de Coqueiral e Sauna (ES) durante janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

A composição e os parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica das areias mistas das praias dos Padres, Mar Azul, Potiri e Barra do Saí são observados na Figura 6-26.

As areias da praia dos Padres (estação P15) apresentaram pequena variação na composição durante o monitoramento, sendo constituídas predominantemente por areias bioclásticas, com os teores entre 60 e 73%. Os graus de seleção foram bons a moderados e os diâmetros médios registrados situaram-se em areias grossas a médias.

De modo geral, as areias da praia Mar Azul apresentam-se biolitoclásticas, contudo em abril de 96 registrou-se o predomínio de areias litoclásticas, e em junho de 96 e janeiro de 97, foram essencialmente bioclásticas. As areias apresentaram-se

FIGURA 6-26 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias mistas das praias dos Padres, Mar Azul, Potiri e Barra do Sai (ES) entre janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

médias a muito finas, com grau de seleção pobre, exceto em abril de 96 nas areias litobioclásticas, quando o grau de seleção foi bom (0,40 phi).

As areias da praia de Potiri são predominantemente litobioclásticas médias a grossas com graus de seleção moderados. Areias litobioclásticas finas, com graus de seleção bons foram registradas em julho e novembro de 96.

As areias da praia de Barra do Saí apresentaram 43 a 60% de bioclastos. Granulometricamente, as areias apresentaram-se médias, com graus de seleção moderados, excetuando-se as areias lito-bioclásticas grossas registradas em março e as finas registradas em julho de 96.

Na Figura 6-27 observa-se a variação dos parâmetros estatísticos das areias essencialmente litoclásticas das praias de Barra de Riacho (P19), Comboios (P20 e P20) e Regência (P21).

As areias da praia de Barra do Riacho mostraram pequena variação granulométrica durante o período de amostragem, sendo caracterizadas como muito grossas (-1 a 0 phi) com graus de seleção moderados. As areias da estação P20 da praia de Comboios apresentaram-se grossas a muito grossas no mês de abril. Nas demais campanhas as areias apresentaram-se grossas, com o grau de seleção variando com o valor do diâmetro médio: com o engrossamento das areias, a distribuição indicou bom grau de seleção e com o afinamento, a distribuição mostrou grau moderado de seleção.

As areias litoclásticas das estações P21 (praia de Comboios) e P22, (praia de Regência) apresentaram distribuição granulométrica com moderado grau de seleção e diâmetro médio entre areias grossas e médias. Em duas amostras coletadas em janeiro de 96 no prolongamento submerso do perfil 21, a 10m e 25 m de distância a partir do máximo recuo da onda, foi registrada a presença de areias finas (Anexo VI), indicado a granulometria mais fina das areias da antepraia. Houve a tendência ao engrossamento dos grãos nos meses de agosto a outubro de 96.

As areias da praia de Povoação (estações P23 e P24) foram grossas a muito grossas, com moderado a bom grau de seleção (phi entre 0,7 a 0,4) (Fig. 6-28). No mês de julho as areias da estação 23 apresentaram-se médias enquanto que na estação P24 foram registradas as areias mais grossas durante o monitoramento (-0,40 phi).

FIGURA 6-27 Distribuições dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias essencialmente litoclásticas das praias de Barra do Riacho, Comboios e Regência (ES) entre janeiro de 1996 a janeiro de 1997.

De maneira geral, as areias das praias associadas à planície deltaica do rio Doce apresentaram engrossamento e melhor seleção nas campanhas sob condições frontal ou pós-frontal.

FIGURA 6-28 Distribuição dos teores de bio e litoclastos e os parâmetros granulométricos das areias predominantemente litoclásticas da praia de Povoação (ES) entre janeiro de 1996 e janeiro de 1997.

6.2.3.1.3 Distribuição granulométrica das areias bioclásticas e litoclásticas

Nas Figuras 6-29 e 6-30 pode-se observar as distribuições granulométricas das areias totais, bioclásticas e litoclásticas nas faces praias das praias de Bicanga a Barra do Saí, conforme os resultados de análises de amostras obtidas nas campanhas de

março e setembro de 96. Na figura 6-35 tem-se a distribuição granulométrica das amostras de areias coletadas no berma, em março de 96.

As curvas de frequência acumulada das areias bioclásticas e litoclásticas das praias de Manguinhos (estações P2 e P3), Jacaraípe (estações P5 e P6), Grande (estação P8), Padres, Mar Azul e Potiri (estações P15, P16 e P17), na campanha de março de 96, apresentaram-se praticamente superpostas. Uma pequena tendência dos grãos bioclásticos apresentarem maiores diâmetros que os grãos quartzosos em areias mistas, conforme Pilkey *et al.* (1967) foi verificada somente nas praias de Jacaraípe (estação P4), Santa Cruz (estação P12) e Sauna (estação P14). Por outro lado os grãos de quartzo apresentaram diâmetros maiores nas praias de Bicanga (estação P1), Barreiras (estação P7), Rio Preto (estações P9 e P10), Coqueiral (estação P13) e Barra do Saí (estação P18).

Na campanha de setembro, as curvas de frequência acumulada das areias das praias de Bicanga (estação P1), Jacaraípe (estações P4 e P5), Padres (estação P15), Mar Azul (estação P16) e Barra do Saí (estação P18) apresentaram-se praticamente superpostas. A hipótese proposta por Pilkey *et al.* (1967) pôde ser verificada nas praias de Manguinhos (estações P2 e P3), Barreiras (estação P7), Grande (estação P8), Santa Cruz (estação P12), Coqueiral (estação P13), Sauna (estação P14) e Potiri (estação P17). Os grãos litoclásticos apresentaram diâmetros maiores nas praias de Jacaraípe (estação P6) e Rio Preto (estações P9 e P10) provavelmente provenientes de aportes fluviais recentes.

As curvas de frequência acumulada das areias bioclásticas e litoclásticas das praias de Manguinhos (estações P2 e P3), Jacaraípe (estações P5 e P6), Grande (estação P8), Padres, Mar Azul e Potiri (estações P15, P16 e P17) na campanha de março de 96 ficaram praticamente superpostas. Uma pequena tendência dos grãos bioclásticos apresentarem diâmetros maiores que os quartzosos em areias mistas, conforme Pilkey *et al.* (1967), foi verificada somente nas praias de Jacaraípe (estação P4), Santa Cruz (estação P12) e Sauna (estação P14). Por outro lado os grãos de quartzo apresentaram diâmetros maiores nas praias de Bicanga (estação P1), Barreiras (estação P7), Rio Preto (estações P9 e P10), Coqueiral (estação P13) e Barra do Saí (estação P18).

FIGURA 6-29

Distribuições granulométricas das areias mistas das estações P1 a P10, em histogramas de percentagem dos pesos retidos dos diversos intervalos granulométricos, bioclásticas e litoclásticas, em curva de frequência acumulada, dos sedimentos da face praial, em março de 1996. Houve distribuição granulométrica quase equitativa entre as areias litoclásticas e bioclásticas.

FIGURA 6-30 Distribuições granulométricas das areias mistas das estações P11 a P18, em histogramas de percentagem dos pesos retidos dos diversos intervalos granulométricos, bioclásticas e litoclásticas, em curva de frequência acumulada, dos sedimentos da face praial, em março de 1996. Houve distribuição granulométrica quase equitativa entre as areias.

Na campanha de setembro, as curvas de frequência acumulada das areias das praias de Bicanga (estação P1), Jacaraípe (estações P4 e P5), Padres (estação P15), Mar Azul (estação P16) e Barra do Sai (estação P18) apresentaram-se praticamente superpostas. A hipótese proposta por Pilkey *et al.* (1967) pôde ser verificada nas praias de Manguinhos (estações P2 e P3), Barreiras (estação P7), Grande (estação P8), Santa Cruz (estação P12), Coqueiral (estação P13), Sauna (estação P14) e Potiri (estação P17). Os grãos litoclásticos apresentaram diâmetros maiores nas praias de Jacaraípe (estação P6) e Rio Preto (estações P9 e P10) provavelmente provenientes de aportes fluviais recentes.

Na Figura 6-31 tem-se a distribuição granulométrica dos sedimentos do berma. As curvas das frequências acumuladas das areias bioclásticas e litoclásticas das estações 1 (praia de Bicanga), 2 (praia de Manguinhos), 5 (praia de Jacaraípe), 8 (praia Grande), 11 (praia Formosa), 12 (praia de Santa Cruz), 13 (praia de Coqueiral) e 15 (praia dos Padres) apresentaram-se praticamente coincidentes nos sedimentos do berma. Correspondendo ao comportamento granulométrico verificado por Pilkey *et al.* (1957), as areias bioclásticas apresentaram maiores diâmetros nas estações 3 (praia de Manguinhos), 4 (praia de Jacaraípe), 7 (praia de Barreiras) 14 (praia da Sauna), 16 (praia Mar Azul), 17 (praia Potiri) e 18 (praia de Barra do Sai).

Comparando os resultados das Figuras 6-30 e 6-31 nos sedimentos da face de praia e do berma, observa-se pequeno deslocamento das areias totais destes últimos para o lado dos mais grossos, e não somente dos fragmentos bioclásticos por diferenças energéticas ao longo do perfil praial, como foi sugerido por Carter (1982). As estações 6 (praia de Jacaraípe), 9 e 10 (praia do Rio Preto) apresentaram grãos de quartzo com diâmetros médios mais grossos que os bioclásticos nas areias do berma.

Em geral, os resultados plotados nas diferentes curvas de frequência acumulada das areias bioclásticas e litoclásticas da face praial, nas campanhas de março e setembro de 96, não seguiram a hipótese de Pilkey *et al.* (1967), exceto em situações isoladas.

As praias de Santa Cruz e Sauna apresentaram curvas de distribuição granulométrica da face praial semelhantes em março e em setembro de 96, quando foram verificados os maiores diâmetros médios para os grãos bioclásticos. Esta distribuição pode estar relacionada à proximidade da área fonte dos fragmentos bioclásticos, tão defendida por inúmeros autores (Folk & Robles 1964; Carr *et al.*, 1991 e Oehming & Michels, 1993), já que neste trecho do litoral, a antepraia e a

FIGURA 6-31 Distribuições granulométricas das areias mistas, em histogramas de percentagem dos pesos retidos dos diversos intervalos granulométricos, bioclásticas e litoclásticas, em curva de frequência acumulada, dos sedimentos do berma, em setembro de 1996.

plataforma continental interna são caracterizadas pela abundância de couraças lateríticas, recobertas por organismos carbonáticos.

As praias de Santa Cruz e Sauna apresentaram curvas de distribuição granulométrica da face praial semelhantes em março e em setembro de 96, quando foram verificados os maiores diâmetros médios para os grãos bioclásticos. Esta distribuição pode estar relacionada à proximidade da área fonte dos fragmentos bioclásticos, tão defendida por inúmeros autores (Folk e Robles, 1964; Carr *et al.*, 1991 e Oehming & Michels, 1993), já que neste trecho do litoral, a antepraia e a plataforma continental interna são caracterizadas pela abundância de couraças lateríticas, recobertas por organismos carbonáticos.

Apesar do deslocamento verificado na superposição das curvas ter sido pequeno, foi registrado maior número de praias que apresentaram grãos bioclásticos com granulação mais grossa que os litoclásticos na campanha de setembro. O incremento da energia das ondas neste período devido ao maior número de frentes frias possivelmente atua sobre a intensidade dos processos de fragmentação dos sedimentos marinhos na área fonte. O resultado desta fragmentação pode não ter sido tão nítido no depósito praial resultante devido à manutenção do aporte terrígeno ao longo do ano.

A praia do Rio Preto, composta essencialmente por grãos quartzosos, apresentou grãos litoclásticos com diâmetros médios maiores nos sedimentos da face praial e do berma, nas duas campanhas analisadas sugerindo a validade da hipótese de Tanner (1995) de fragmentação das areias bioclásticas pelas quartzosas em areias mistas. A fragmentação reforça também o comportamento observado nas Figuras 6-21 a 6-27, onde é mostrado que as areias mistas das praias estudadas não apresentaram engrossamento da amostra relacionado ao incremento de areias marinhas bioclásticas, e ainda sugere a possibilidade da composição biológica ser fundamental para a distribuição granulométrica.

6.2.3.2 Composição biológica dos bioclastos

Na figura 6-32 tem-se a distribuição da composição biológica dos grãos bioclásticos das praias de Bicanga a Barra do Sai.

As algas coralinas em sua maioria articuladas (*Amphiroa*), juntamente com os moluscos inteiros ou fragmentados, constituíram os componentes principais dessas areias de praias. Estes componentes somados atingiram, na grande maioria das estações, 90% dos grãos bioclásticos. Como componentes secundários, os briozoários foram encontrados em quase todas as estações, com teores variando em função da granulometria: 1 a 2 phi = 1 a 26%; 0 a 1 phi = 0,5 a 32,5 e -1 a 0 = 1 a 12%. Equinodermas, foraminíferos, alga *Halimeda*, corais, tubo de vermes e espículas de esponjas também foram encontrados.

Nas frações areia muito grossa (-1,0 e -0,5 phi) e grossa (0,0 e 0,5 phi), houve predomínio das algas coralinas, na maioria incrustantes nas areias muito grossas, seguidas pelos moluscos inteiros ou fragmentados (pranchas 1 e 2). Exceção foi verificada nas areias da praia Grande (estação 8), onde houve predomínio dos moluscos sobre algas (prancha 1). Os briozoários apresentaram teores de 32% na estação 8 na fração de 0 a 1 phi e teores em torno de 12% na estação 4, praia de Jacaraípe, nas duas frações. Os foraminíferos estiveram presentes, em teores entre 7 a 10%, nas praias de Rio Preto (estação P10), Sauna e Padres (estações P14 e 15), na areia grossa (pranchas 1 e 2).

Nas areias médias e finas (1,0, 1,5 e 2,0 phi), intervalos granulométricos predominantes nas areias das praias, observou-se incremento nos teores das algas coralinas rumo ao norte a partir da praia de Jacaraípe (estação 6), seguidos por moluscos, briozoários e foraminíferos. Nas estações 1 a 5, entre as praias de Bicanga a Jacaraípe, houve melhor distribuição entre os componentes bioclásticos de diferentes composições biológicas: as algas coralinas apresentaram teores médios de 38%, os moluscos 30%, os briozoários 20% e os equinodermas 8%. Distribuições semelhantes foram verificadas nos fragmentos bioclásticos das areias das estações 13 e 17, praia de Coqueiral e dos Padres, contudo com o predomínio nítido das algas coralinas sobre os demais componentes. Os foraminíferos apresentaram teores de 20% nas areias da estação 10 (prancha 1) e em torno de 12%, nas areias das estações 14, 15, 17 e 18 (prancha 2).

FIGURA 6-32 Composição biológica areias bioclásticas das praias de sedimentos mistos, de Bicanga (# P1) a Barra do Saí (# P18). Observa-se o predomínio de algas e moluscos nos diversos intervalos granulométricos.

Em geral pode-se dizer que:

- (a) As areias bioclásticas das praias estudadas apresentam-se compostas por grãos de diversas naturezas biológicas.
- (b) A fragmentação é um processo importante na freqüência das areias bioclásticas, tanto na praia, como também na plataforma continental interna, já que a fração menor apresentou diversidade e freqüência maiores de grãos.
- (c) As areias são predominantemente compostas por algas coralinas, na sua maioria articuladas nas frações mais finas e incrustantes nas frações maiores.
- (d) Comparando as naturezas das areias das praias com as das estações submersas analisadas, observou-se também que nas areias emersas, existe um incremento nos teores de algas coralinas na porção norte, revelando a grande produção das algas na plataforma e sua fonte para as praias.
- (e) Os briozoários são encontrados predominantemente nas areias médias e finas das praias, sendo os menores teores verificados nas praias com maior energia de ondas e/ou nas praias com maiores teores de fragmentos quartzosos na composição das areias.

6.2.3.2 Grau de arredondamento das areias quartzosas

Na Figura 6-33 tem-se os graus de arredondamento das areias quartzosas das praias compostas por areias mistas (estações P1 a P18) e das praias compostas predominantemente por areias litoclásticas (estações P20 a P24). Os grãos das areias da estação P19, Barra do Riacho, não foram analisados por não se apresentarem nas frações entre areias médias e finas (0,50 e 0,25mm).

Observa-se que as praias apresentaram grau de arredondamento moderado a baixo, com o predomínio de grãos subarredondados, seguidos de grãos angulosos e arredondados. Grãos bem arredondados foram encontrados, em baixos teores, somente nas praias associadas à planície deltaica do rio Doce (P20 a P24).

FIGURA 6-33 Grau de arredondamento dos grãos de quartzo das praias de Bicanga (# P1) a Povoação (# P24). Observa-se o predomínio de grãos subarredondados e angulosos, sugerindo aporte terrígeno recente com moderado retrabalhamento pelas ondas.

Associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras, as praias de Mangueiros (estação P3), Barreiras (estação P7), Grande (estação P8), Santa Cruz (estação P12), Coqueiral (estação P13) e Potiri (estação P17) apresentaram as maiores frequências de grãos angulosos. Nas estações situadas ao norte das desembocaduras fluviais dos rios Reis Magos e Piraquê-Açu, estações 8 e 13, respectivamente, os grãos angulosos foram mais frequentes que os demais, com 48%, sugerindo que esses grãos sejam fornecidos pelos rios para as praias adjacentes.

Os grãos arredondados foram predominantes nas praias de Bicanga (estação 1), Rio Preto (estação 10) e Padres (estação 15) e altos teores foram encontrados nas praias Formosa (estação 11) e Rio Preto (estação 9), ambas com 40%. O melhor retrabalhamento dos grãos se deve à ação das ondas energéticas nas estações 9, 10, e 11 ou pelo distanciamento dos aportes fluviais, no caso na estação P1.

Em geral, as partículas quartzosas das praias associadas aos tabuleiros indicam contribuição fluvial ou continental recente com retrabalhamento moderado pelas ondas.

Nas praias ao sul planície deltaica do rio Doce (estações P20, P21 e P23), há o predomínio dos grãos subarredondados seguidos dos arredondados. Grãos angulosos apresentaram-se com os teores de 9%, 23% e 16%, respectivamente e os grãos bem

arredondados são verificados em todas as estações com teores inferiores a 5%. Na praia de Povoação, os grãos de areia da estação mais próxima da desembocadura (# P 23), apresentam-se subarredondados a angulosos, já da estação P 24, as areias apresentam-se mais arredondadas, sendo ainda registrados grãos bem arredondados. A presença de grãos angulosos a bem arredondados nas areias das praias associadas à planície deltaica do rio Doce indica contribuição fluvial recente com rápido retrabalhamento dos grãos pelas ondas.

6.2.3.3 Análise integrada dos resultados de sedimentologia das praias

Utilizando-se a média dos teores de bioclastos e do diâmetro médio das areias mistas nas 18 estações associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras nos diferentes meses de amostragem e os valores dos principais componentes biológicos na areia bioclástica foi realizado as análises de correlações cujos resultados são resumidos na Tabela 6-2 abaixo.

TABELA 6-2 Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre os teores de bioclastos e diâmetro médio (em phi) e os principais componentes das areias bioclásticas das praias de Bicanga a Barra do Sai (ES).

Variáveis	% Bioclasto	% Algas	% Moluscos	% Briozoários	Diâmetro médio
Diâmetro médio (phi)	0,81	-0,54	0,35	0,60	1,000000
% Bioclasto	1,000000	-0,21	0,02	0,44	0,81

Os resultados mostraram a existência de uma forte correlação direta ($r = 0,8058$) entre os mais altos teores de bioclastos e o deslocamento do diâmetro médio das areias mistas das praias para as frações mais finas. O afinamento da distribuição granulométrica é representado pelo incremento nos teores de briozoários ($r = 0,60$). A presença das algas coralinas na composição dos bioclastos tende a engrossar a distribuição granulométrica total ($r = -0,54$).

Os valores do coeficiente de correlação (r) entre os teores de bioclastos e os diferentes componentes apresentaram-se inferiores a 0,50, não sugerindo

estatisticamente, a existência de correlação. Contudo foi observado que as areias que apresentaram os maiores teores de bioclastos apresentaram também maior diversidade dos componentes biológicos, fato que, apesar dos baixos valores de correlação foi indicado nos resultados do teste de correlação. Os maiores teores de bioclastos apresentaram fraca correlação direta com a presença de briozoários ($r=0,44$) e fraca correlação inversa com a presença das algas ($-0,21$), sugerindo portanto que os maiores teores de bioclastos não são correlacionáveis ao predomínio absoluto das algas na composição das areias bioclásticas.

Na Figura 6-34 podem ser observadas as correlações entre o diâmetro médio e os diferentes componentes nas diversas estações praiais, cujos resultados validam os resultados das correlações realizadas. Nas praias onde foram verificados teores médios de bioclastos iguais ou superiores a 70% (praia de Manguinhos estação P2; Jacaraípe, P4; Grande, P8; Formosa, P11; Coqueiral P13 e Mar Azul, P16), os diâmetros médios apresentaram-se classificados em areias muito finas a finas. Como nas demais estações, estas apresentaram predomínio de algas coralinas em sua composição, contudo registrou-se uma distribuição quase que equitativa entre os demais componentes, inclusive com significativos teores de briozoários.

FIGURA 6-34 Médias dos diâmetros médios, médias dos teores de bioclastos e os teores dos principais componentes da fração bioclástica para cada estação da praia de Bicanga a Povoação (P1 a P18).

Nas estações P7 (praia de Barreiras), P9 e P10 (praia do Rio Preto) as areias grossas estiveram associadas a teores iguais ou inferiores a 50% de bioclastos, com predomínio de algas e quase ausência de briozoários. As areias das estações P15 (praia dos Padres) e P18 (praia de Barra do Saí) apresentaram teores de bioclastos totais entre 55 a 62% com diâmetros médios em areias médias, onde as algas coralinas foram dominantes, seguidas pelos moluscos.

Verifica-se portanto que a composição das areias bioclásticas e/ou a distribuição da composição parece atuar sobre a caracterização granulométrica das areias mistas, onde um determinado componente, litoclástico ou bioclástico, desloca o diâmetro médio da distribuição granulométrica.

Conforme foi verificado pela superposição das curvas de frequência acumulada das areias bioclásticas e litoclásticas (Figs. 6-29 a 6-31) não existem diferenças granulométricas significativas entre as areias essencialmente lito e bioclásticas. Uma vez encontradas juntas estas areias parecem responder igual e juntamente aos processos hidrodinâmicos. Folk & Robles (1964) já haviam sugerido que as areias bioclásticas e as areias litoclásticas se comportam semelhantemente sob mesma condição hidrodinâmica, sendo as areias mais grossas encontradas em trechos mais energéticos. As areias grossas e médias verificadas preferencialmente na praia do Rio Preto (P9 e P10), dos Padres (P15) e Barra do Saí (P18), estão associadas aos trechos praias onde foram verificadas declividades da face da praia moderadamente altas, alterações das alturas das ondas na arrebentação em função parcial das condições meteorológicas, proximidade da isóbata de 10m e os melhores graus de arredondamento para os grãos de quartzo (Fig. 6-33), indicando trechos energéticos. Já as areias mais finas foram verificadas em trechos mais dissipativos do litoral, como nas praias de Bicanga e Manguinhos (P1 a P3).

Nas areias litoclásticas das praias situadas na porção sul da planície deltaica do rio Doce, praias de Barra do Riacho, Comboios e Regência (P19, 20, 21 e 22) foi verificada a relação direta entre o engrossamento do diâmetro médio, representado pela média dos diâmetros médios nas diversas campanhas, e os melhores graus de arredondamento, representados pela soma dos teores de grãos arredondados e bem arredondados (Fig. 6-35). As areias muito grossas da praia de Barra do Riacho tornaram-se grossas a médias rumo à desembocadura do rio Doce,

concomitantemente os grãos de quartzo apresentaram menores graus de arredondamento.

FIGURA 6-35 Média dos diâmetros médios das areias das praias de Barra do Riacho (P19) a praia de Povoação (P24) nas diversas campanhas e grau de arredondamento dos grãos de quartzo.

Já na praia de Povoação na planície deltaica ao norte da desembocadura, as areias da estação mais próxima à foz (P23) foram as que apresentaram o menor grau de retrabalhamento para os grãos de quartzo. Rumo ao norte, na estação P24, as areias tornaram-se mais grossas e apresentaram melhores graus de arredondamento.

A caracterização textural das areias litoclásticas das praias da planície deltaica do rio Doce pode indicar a distribuição espacial das areias ao longo da praia determinada por trechos submetidos a diferentes energias praias. Trechos mais energéticos estariam associados à granulometria mais grossa, bom a moderado grau de seleção (Fig. 6-36) e bom grau de arredondamento. Contudo deve-se considerar os aportes fluviais do rio Doce e Riacho e os processos de transporte de sedimentos ao longo da costa. O menor grau de arredondamento dos grãos de quartzo nas areias das praias adjacentes à desembocadura do rio Doce sugere o aporte de sedimentos fluviais para estas praias.

VII - DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES

7.1 Fontes e distribuição de sedimentos, tipologia e tendência futura das praias associadas à planície deltaica do rio Doce

7.1.1 Fontes e distribuição dos sedimentos

A dinâmica atual das praias associadas à planície costeira, influenciada diretamente pelo rio Doce, representa uma continuação dos processos identificados na história geológica por Suguio & Martin (1981) e Martin & Suguio (1992), iniciada há cerca de 2.500 anos A.P.. Na ocasião, um delta intralagunar havia colmatado quase totalmente a laguna atrás das ilhas barreiras e o rio Doce passaria a despejar a sua carga sedimentar diretamente no Oceano Atlântico. As inversões nos sentidos das correntes longitudinais, causadas pelas alternâncias no rumo dos ventos na região, são as responsáveis pela assimetria da planície costeira (Martin & Suguio, 1992). Além disto, a distribuição dos sedimentos às praias adjacentes e os comportamentos construtivo e/ou erosivo, de trechos sob atuação da descarga do rio Doce, refletiriam o modelo desenvolvido por Dominguez *et al.* (1983).

Na situação de predominância de ventos alísios de NE, as correntes longitudinais se orientariam de norte para sul e durante as passagens de frentes frias, os ventos provenientes de sudeste e sudoeste desenvolveriam uma corrente longitudinal de sul para norte. Os ventos alísios são mais freqüentes, mas o efeito de anomalia climática El Niño, desenvolvendo um jato de ar quente e úmido proveniente do Pacífico, bloqueia a passagem das frentes frias atuantes do sul para o norte, e as correntes longitudinais de NE tornam-se mais eficientes no transporte e distribuição dos sedimentos.

O modelo de sedimentação costeira nas adjacências dos principais desembocaduras fluviais, desenvolvido pelos autores prévios supracitados, destaca o efeito de molhe hidráulico desenvolvido pelo fluxo do rio Doce. Deste modo, em condições de descarga alta, ocorreria a retenção dos sedimentos marinhos à barlar da corrente longitudinal (Dominguez *et al.*, 1983), com conseqüente construção do

perfil praial. Com a mudança no sentido das correntes longitudinais, eventos localizados, construtivos e erosivos do perfil praial podem ser identificados próximos à desembocadura do rio Doce, ora na margem direita (sul) ora na margem esquerda (norte).

A história da evolução geológica da planície deltaica do rio Doce descrita por Martin & Suguio (1992), as fácies sedimentares da plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Doce e a presença de minerais instáveis nas areias praiais, verificada por Coutinho (1974b), indicam como fonte primária para as areias praiais das praias associadas à planície deltaica do rio Doce, a carga deste rio. Deve-se ainda considerar sedimentos provenientes de norte, trazidos pelas correntes longitudinais, tendo como fonte continental as cargas fluviais dos rios São Mateus e Itaúnas.

As características texturais atuais das areias sugerem a atuação de diferentes processos de sedimentação ao longo das praias. Na área da praia de Comboios (P19), as areias grossas a muito grossas com bom grau de arredondamento das praias e as areias grossas da plataforma continental adjacente indicam alta energia praial e eficiente intercâmbio entre areias emersas, hoje depositadas nos cordões litorâneos e na praia e as areias submersa da antepraia. Nas praias de Povoação (P23) a praia de Comboios (P21) ao sul, areias médias a grossas, com baixo grau de arredondamento são provenientes principalmente pelo rio Doce, além das areias marinhas transportadas pelas correntes longitudinais e bloqueadas pelo fluxo fluvial.

Sob influência dos ventos alísios, a corrente longitudinal atua do norte para sul com transporte dos sedimentos fluviais para o sul e com possível erosão à barlamar da desembocadura. O transporte de sedimentos para o sul foi registrado em todo o arco praial entre as desembocaduras dos rios Doce e Riacho. Sua atuação nas praias ao norte, próximas à desembocadura do rio Doce, como já foi visto, também fica evidente nas características texturais, representadas por areias médias a grossas com baixo grau de arredondamento. Mais ao sul, próximo ao rio Riacho, o transporte de sedimentos para o sul foi evidenciado pela inversão no comportamento topográfico dos perfis praiais, quando foi observada a erosão na praia de Comboios, ao norte, e construção na praia de Barra do Riacho, ao sul, no período entre outubro de 96 a janeiro de 97, sob atuação dos ventos de NE (Anexo IV).

A inversão na corrente longitudinal, atuante de sul para o norte, pôde ser constatada entre maio e agosto de 96 quando, sob o domínio de frentes frias (Anexo

IV), o perfil praial de Barra do Riacho (P19) recuou, enquanto que os perfis P20 e 21 da praia de Comboios, apresentaram construção.

A entrada de frentes frias na costa capixaba é acompanhada por intensificação das precipitações pluviais (Martin *et al.*, 1986), com conseqüentes aumentos da descarga do rio Doce da eficiência do bloqueio ao transporte de sedimentos provenientes do sul. A partir de maio de 96, sob condições meteorológicas de frente fria e chuvas intensas (Tabela 6.1) e correntes longitudinais de sul para norte (Anexo IV), os perfis da praia de Povoação, localizados a sotamar da desembocadura apresentaram-se recuados. Com as freqüentes passagens das frentes frias, houve uma tendência ao recuo das praias, que se manteve até o final do monitoramento, agravada pelas enchentes do rio Doce.

Por outro lado, o perfil da praia de Regência (P22), localizado ao sul da desembocadura do rio Doce e, portanto a barlamar da corrente longitudinal gerada pelos ventos de SE e SW, apresentou tendência à construção durante o monitoramento, pela acreção de sedimentos supridos pelas correntes longitudinais de sul.

As inversões nos sentidos dos ventos incidentes e, portanto, das correntes longitudinal e o efeito de molhe hidráulico do fluxo do rio Doce causam a deposição de sedimentos marinhos, trazidos pelas correntes longitudinais, ora ao sul e ora ao norte da desembocadura, que se transforma em uma área preferencial de deposição de sedimentos. A deposição e a tendência à progradação dos perfis praias, mais próximos da desembocadura, são constatadas pela presença de feições construtivas nas antepraias das praias de Comboios (P20 e P21), Regência (P22) e Povoação (P23 e 24), representadas por terraços e barras longitudinais arenosas.

As areias finas encontradas nas feições submersas (Anexo VI) e as areias finas e médias, com baixo grau de arredondamento das adjacências das praias emersas ao rio Doce, indicam a deposição mais restrita de areias fluviais nessas áreas, talvez atribuíveis constantes inversões das correntes longitudinais e ao efeito de molhe hidráulico do rio Doce.

Rumo à praia de Barra do Riacho areias médias a grossas, com baixo grau de arredondamento, são substituídas por areias muito grossas a grossas, com boa a moderada seleção e arredondamento. Esta alteração é acompanhada pelo aumento da declividade da face da praia e da energia das ondas.

As altas declividades da antepraia e da plataforma continental próxima, à linha de costa, possibilitam a formação de ondas altas na zona de arrebentação, como as verificadas durante o monitoramento. Estas ondas atingem as praias com muita energia, desenvolvendo eficiente intercâmbio de sedimentos da praia com a zona submersa próxima. A disposição das isóbatas, acompanhando a direção de costa, indica a refração sofrida pelas ondas incidentes, e fortalece a hipótese da troca sedimentar da praia e antepraia com a plataforma continental interna.

O rio Comboios, que flui paralelo à linha de costa encaixado em depressão intercordões, transporta areias muito grossas a grossas com bom grau de seleção, semelhantes às encontradas na praia de Barra do Riacho (P19) e na plataforma continental adjacente. A semelhança entre as granulometrias das areias do rio, da praia e da plataforma adjacente sugere que as cargas sedimentares dos rios Riacho e Comboios, bem como da plataforma continental interna tenham fonte comum associada ao rio Doce. Atualmente, essas areias estão sendo transportadas pelos rios, retrabalhadas pelas ondas incidentes e transportadas e depositadas na plataforma continental adjacente. Estas areias se estendem pelas zonas submersas adjacentes e seguem à linha de costa rumo a norte, confirmando a existência de uma corrente de fundo de sul para norte, sugerida por Bandeira *et al.* (1975), baseada em indicadores biológicos.

Durante o monitoramento, adaptando-se a diversas condições meteorológicas e oceanográficas, ocorreram adaptações morfológicas nos perfis praias próximos a desembocadura do rio Riacho, sem contudo haver alteração das areias praias grossas a muito grossas, com boa a moderada seleção. As características granulométricas das areias indicam que o aporte atual do rio Doce não atinge o trecho sul, sendo mais eficiente o intercâmbio de areias entre a praia e a antepraia.

Em geral, as praias associadas à planície deltaica do rio Doce têm como fonte primária o aporte fluvial do rio Doce. Areias finas a grossas da carga atual do rio Doce são encontradas nas proximidades da desembocadura e na superfície da plataforma continental interna adjacente. As areias grossas a muito grossas encontradas atualmente ao sul da planície deltaica são provenientes do aporte fluvial do rio Riacho, que transporta sedimentos de retrabalhamento dos cordões litorâneos.

Diferentemente da dinâmica sedimentar das praias próximas à desembocadura do rio Doce, nas praias próximas ao rio Riacho, as areias muito grossas e grossas originam praias de alta declividade da face da praia e antepraia, com alta energia de

ondas e altas taxas de volume de sedimentos transportados pelas correntes longitudinais (Anexo IV). Com a diminuição da declividade da antepraia, rumo ao norte, as ondas incidentes sofrem dissipação e perdem a competência para mobilizar e depositar as areias muito grossas a grossas na praia emersa, ficando estas areias, que são transportadas pela corrente de fundo, retidas na plataforma (Fig. 6-17).

7.1.2 Tipologia das praias

As características morfológicas e sedimentológicas da plataforma continental interna, adjacente à planície costeira do rio Doce, originam praias do tipo refletivo, como a praia de Barra do Riacho (P19), que é a mais distante da desembocadura. Nesta praia, declividades moderadas a altas da antepraia e da plataforma permitem o acesso de ondas ascendentes com alta energia à praia, exibindo portanto, características de mar aberto.

As areias litoclásticas grossas e bem selecionadas, provenientes do rio Riacho e do retrabalhamento de cordões litorâneos, são facilmente mobilizadas pelas ondas. Conforme experimentos realizados por Komar & Wang (1984), grãos grossos tendem a ser depositados nas camadas superficiais do fundo, enquanto os mais finos preenchem os espaços vazios entre os grossos. A alta porosidade entre os grãos favorece a intensa percolação de água, que atua na mobilização dos sedimentos, facilitando a ação de ondas de arrebentação ascendente. As areias grossas transportadas desenvolvem uma praia com alta declividade da face praial e antepraia, conforme sugestões de Bascom (1951), que estabeleceu as relações entre as granulometrias das areias e as declividades das faces praiais.

Por outro lado, nas demais estações da planície deltaica do rio Doce, a retenção dos sedimentos nas adjacências da desembocadura causa maior variabilidade na tipologia das praias.

Nas praias de Comboios, Regência e Povoação (P20 a P24) os sedimentos na antepraia ocorrem na forma de terraços e bancos. A declividade acentuada a moderada da plataforma continental interna permite a entrada de ondas com características de mar aberto, que arrebentam com o tipo mergulhante devido à dissipação sofrida pela menor profundidade da antepraia. Alterações das condições

meteorológicas modificam o sentido de propagação e a intensidade das ondas incidentes, causando a constante necessidade de adaptação topográfica do perfil praial. As variações topográficas das praias próximas à desembocadura do rio Doce, são também proporcionadas por alterações temporais no volume e na granulometria da carga do rio Doce.

As praias próximas à desembocadura do rio Doce exibem estado morfodinâmico modal de praias intermediárias, segundo as classificações propostas por Wright *et al.* (1979).

As praias de Comboios e Regência (P20, P21 e P22) podem ser caracterizadas como intermediárias, com banco e praia com cúspides, além de bancos transversais e terraços de baixa-mar (Wright *et al.*, 1979). A morfologia das praias emersas variou bastante durante o monitoramento. A antepraia superior apresentou bancos e terraços arenosos com grande mobilidade, devido à interação entre os processos fluviais e marinhos, originando praias transicionais entre diversos tipos intermediários.

Ao norte da desembocadura, a praia de Povoação pode ser classificada como intermediária com banco e praia de cúspides e intermediária com bancos transversais ao sul, nas proximidades da desembocadura (estação P23), enquanto que próximo a vila (estação P24) a larga zona de surfe, com arrebentações de ondas do tipo mergulhante, sugere a presença de banco e calha longitudinal na antepraia, podendo ser classificada como intermediária com banco e calha longitudinal.

Wright & Short (1983) destacaram que o grau de exposição à ação das ondas, a disponibilidade e textura do sedimentos, bem como as características físicas locais, constituem fatores que determinam o estado morfodinâmico modal da praia. Portanto, havendo variações desses fatores, uma mesma praia pode exibir trechos com características morfodinâmicas diferenciadas.

No mesmo arco praial, a disponibilidade simultânea de sedimentos finos e grossos na carga do rio Doce e o efeito de armadilha desempenhado por seu fluxo, originam praias intermediárias, com grande acúmulo e mobilização de sedimentos na antepraia.

7.1.3 Tendência futura à erosão das praias

As praias de Barra do Riacho a Povoação estão associadas à planície deltaica do rio Doce, que corresponde a zona de progradação da linha de costa, com contínuo aporte sedimentar.

A praia de Povoação apresentou erosão durante a entrada de frentes frias, seguidas intensas chuvas e enchentes do rio Doce, devido ao déficit de sedimentos a sotamar, levando ao desequilíbrio do perfil. Eventos alternados construtivos ou erosivos, próximos à desembocadura do rio Doce, são reconhecidos há pelo menos 2.500 anos (Martin & Suguio, 1992), sendo portanto processos comuns e ocorrentes na dinâmica da planície deltaica. As estações situadas ao sul da desembocadura apresentaram tendências à construção e/ou à estabilidade durante o monitoramento.

Os cordões arenosos e as dunas à retaguarda das praias associadas à planície deltaica do rio Doce frontais encontram-se bem conservadas em função da ocupação humana rarefeita. As areias que compõem estas feições, e ainda as das praias volumosas e extensas associadas, estariam disponíveis para a migração para a antepraia, como resposta da adaptação morfológica do perfil à possível subida do nível do mar, conforme o modelo de adaptação praial proposto por Brunn (1962).

7.2 Fontes, distribuição e granulometria das areias biolitoclásticas das praias associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras

7.2.1 Fontes e distribuição dos sedimentos

As areias mistas biolitoclásticas das praias associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras, sugerem que há uma relação entre a composição das areias e a distribuição granulométrica, pois, determinados componentes, tais como os briozoários, tendem a deslocar a distribuição granulométrica para as areias mais finas, enquanto altos teores de algas coralinas correspondem a areias mais grossas. A distribuição

granulométrica, por sua vez, atua na morfodinâmica praial, e define a tipologia das praias.

Como principais áreas-fonte das areias mistas foram identificadas a plataforma continental interna, com sua intensa incrustação carbonática fornecendo os bioclastos e o continente adjacente, fornecendo as cargas fluviais litoclásticas, originadas da erosão dos sedimentos da Formação Barreiras.

A sedimentação mista de grãos quartzosos e biodetríticos de diferentes composições e proporções possivelmente depende das variações no suprimento e nas condições hidrodinâmicas das praias.

Sedimentos com teores médios de litoclastos iguais ou superiores a 50%, na composição das areias, foram verificados nas praias de Manguinhos (P3), do Barreiras (P7), do Rio Riacho (P9 e P10) e Potiri (P17) e Barra do Saí (P18). Os diâmetros médios das areias destas praias, com exceção da praia de Manguinhos (estação P3 ao lado de um pequeno riacho), variaram entre areias médias a grossas. Nas demais praias, onde os teores de bioclastos são superiores a 50%, como já foi visto, houve predominância de areia fina, com exceção da praia dos Padres (P 15) que apresentou areias médias.

A contribuição fluvial para os sedimentos atuais das praias pode ser também comprovada pelos altos teores de grãos de quartzo angulosos nas areias das praias adjacentes às desembocaduras dos rios, como acontece nas praias de Barreiras e Grande (P7 e P8), margens sul e norte da desembocadura do rio Reis Magos; praia de Santa Cruz (P12) e Coqueiral (P13), margens sul e norte da desembocadura do Piraquê-Açu e praia de Potiri (P17), margem sul do rios Saí e Riacho.

Na praia do Rio Preto (P9 e P10), margem norte do rio Reis Magos, apesar da granulometria das areias da praia e da presença de sedimentos areno-lamosos, na plataforma adjacente a praia, indicarem aporte fluvial, foram também encontrados grãos de quartzo com bom arredondamento. O retrabalhamento das areias pode ser atribuído às ondas incidentes que, nesta praia, apresentam em geral alta energia. Nas demais estações os grãos de quartzo apresentaram grau moderado de retrabalhamento.

O aporte atual de areias litoclásticas fluviais às praias interfere na composição e na granulometria das areias das praias, ao menos nas adjacências das desembocaduras fluviais. Os baixos valores encontrados para a capacidade de transporte das correntes longitudinais (Anexo IV) podem ser atribuídos à refração e à

dissipação das ondas na antepraia, bem como à retenção dos sedimentos pelas couraças ferruginosas, dando origem a concentrações locais.

A proximidade de desembocaduras e o aporte fluvial associado não parecem não ser os únicos fatores responsáveis pelas características granulométricas e composicionais das areias. Na estação P8 (praia Grande), as areias quartzosas apresentaram alta angulosidade sugestiva de aporte fluvial recente do rio Reis Magos cuja desembocadura está muito próxima desta estação. Por outro lado, as areias mistas são predominantemente compostas por areias bioclásticas finas.

As areias bioclásticas apresentam composições biológicas diversas e diferentes padrões de distribuição na plataforma continental interna e na antepraia. Acredita-se que as areias bioclásticas sejam originadas pela fragmentação de incrustações biogênicas sobre couraças lateríticas, já que os afloramentos submersos na plataforma são geralmente ladeados por tálus e areias carbonáticas grossas e muito grossas indicando ser a área-fonte, com provável fragmentação pelas ondas e transporte pelas correntes que atingem o fundo. A partir da isóbata de 30 m, rumo à linha de costa, a disposição linear quase paralela das isóbatas indica a refração e a mobilização dos sedimentos de fundo.

Segundo Komar & Miller (1975), a mobilização mais eficiente dos sedimentos de fundo depende da altura e do período da onda, além da granulometria e densidade das areias de fundo. Uma vez colocados em transporte os sedimentos podem alcançar a praia.

Para se determinar o limite de profundidade de ação das ondas para transporte, tendo-se os componentes biológicos como fontes potenciais para as areias praias, foi empregada a equação (5.3) proposta por Komar & Miller (1975). Desta forma, adotou-se a densidade de $2,65 \text{ g/cm}^3$, correspondente aos grãos de quartzo, para as areias mistas, e admitindo-se que, os diâmetros médios das areias biolitoclásticas na plataforma estejam entre muito grossas e grossas (1 a 2 mm) e em areias médias (0,50 mm) nas praias, foram realizadas estimativas de mobilização de sedimentos destas diferentes classes granulométricas.

As profundidades-limite para a mobilização foram determinadas para as alturas de ondas em águas rasas (H_s) mais freqüentes (Homsí, 1996), e adotou-se o período de 9s. Os resultados estão são os seguintes:

	Areia muito grossa 2,00 - 1,00 mm	Areia grossa 1,00 - 0,50 mm	Areia média 0,50 - 0,25 mm
Hs 1,00 m	8 m	12 m	23 m
Hs 1,50 m	14 m	19 m	31 m
Hs 2,00 m	19 m	25 m	38 m

Observa-se que, para a altura de onda mais freqüente no litoral estudado (Hs=1,50m), a profundidade-limite de mobilização de areias médias situa-se próxima ao limite da ação dos processos costeiros estimada pela equação de Komar (1976). A mobilização dos sedimentos de fundo, da plataforma continental e do litoral estudado, é mais efetiva a menos de 19 m de profundidade e eventual a menos de 25 m. Desta forma, em isóbatas superiores a 30 m, rumo costa afora, as ondas não têm capacidade de mobilizar os sedimentos grossos que recobrem a plataforma. Deste modo, os fragmentos originados pela ação de correntes ou bioerosão, das construções carbonáticas, ficam retidos em grande parte na área de produção, sem alcançar a praia.

Portanto, as prováveis áreas-fonte localizadas em águas mais profundas que 30m, são negligenciáveis e as areias bioclásticas praias seriam provenientes das areias grossas a muito grossas existentes até 20m e das areias médias situadas até 30m. Na Figura 7-1 esta faixa é delimitada por isóbatas sobre os padrões de distribuição dos três principais componentes biológicos.

Em todas as frações granulométricas, as algas coralinas predominam na composição dos bioclastos da plataforma continental, que são mobilizados pelas ondas. Os maiores teores de grãos de algas foram verificados entre Santa Cruz (próximos às estações P11 e P12) e Barra do Saí (P 18), com teores médios de 60%, atingindo valores superiores a 80% nas frações de areias muito grossas, médias e finas. Rumo ao sul as areias apresentaram teores inferiores a 60%.

FIGURA 7-1 Distribuições dos teores de algas, moluscos e briozoários na plataforma continental interna entre Carapebus e Barra do Sai, com a representação da isóbata-limite de mobilização mais efetiva dos sedimentos de fundo para as praias.

A efetiva contribuição dos grãos de conchas de moluscos da plataforma para a praia situou-se em torno de 40%, porém teores até 60% em areias muito grossas a grossas próximos à praia de Jacaraípe.

Adotando-se a isóbata de 20m como limite máximo para a mobilização dos grãos grossos a muito grossos, os grãos de briozoários ficaram limitados à plataforma entre Nova Almeida, na altura de praia Grande (P8) e Santa Cruz (praia de Coqueiral P13) com teores entre 40 a 60%. Em todas as frações granulométricas foram encontrados teores altos nas proximidades de Vitória (praias de Bicanga e Manguinhos, respectivamente P1 e P2) e ao sul de Nova Almeida.

Uma intensa produção de algas coralinas em águas rasas da plataforma pode ser inferida pelos altos teores encontrados nas areias bioclásticas das praias estudadas que, por sua vez, causam o engrossamento destas. A existência da relação entre os aumentos de frequência e de tamanho dos grãos bioclásticos, com a proximidade da área fonte, já tinha sido reconhecida por Carr *et al.* (1991).

A importância da proximidade da área-fonte na composição dos sedimentos praias pode ser reafirmada pelos padrões de distribuição dos fragmentos de moluscos e briozoários, pois as maiores concentrações desses materiais na plataforma continental correspondem, em geral, aos maiores teores nas praias adjacentes (Fig. 6-33). Quanto à granulometria, a presença de grãos de briozoários menores nas praias que na plataforma continental deve-se à baixa resistência destes organismos à abrasão, (Merefield, 1984), aliada à maior suscetibilidade fragmentação nas praias, onde os processos hidrodinâmicos são mais intensos.

A frequência de grãos de briozoários, variando entre 20 e 28% na composição das areias bioclásticas, tende a deslocar o diâmetro médio das areias mistas para o lado dos grãos mais finos, como foi verificado nas estações P1 e P2 (praia de Manguinhos), P8 (praia Grande) e P13 (praia de Coqueiral). Nas duas últimas praias, o diâmetro médio das areias mistas situou-se entre areias finas a médias, apesar de considerável contribuição litoclástica de areias grossas (Fig. 6-35).

Portanto, a proximidade de determinada área-fonte, seja ela bioclástica ou litoclástica, é um dos fatores que influenciam na composição e distribuição das areias mistas. Porém, ela não sobrepuja os processos costeiros que agem sobre a fragmentação, seleção e distribuição destas areias ao longo das praias.

Analisando ainda a distribuição dos briozoários na plataforma continental interna observa-se que, apesar dos altos teores deste componente biológico, com granulometria de areias grossas a muito grossas, entre Nova Almeida (P8) e proximidades de Santa Cruz (P11), as areias da praia do Rio Preto (P9 e P10) apresentaram baixos teores ou mesmo ausência de briozoários na composição das areias bioclásticas. Os altos teores de grãos litoclásticos grossos, que aceleram a abrasão dos bioclastos (Tanner, 1995), além da alta energia na praia do Rio Preto podem ser considerados como os fatores responsáveis por abrasão ou mesmo sua eliminação.

Verifica-se portanto que os grãos de briozoários são encontrados preferencialmente em praias com menor energia e com os menores teores de litoclásticos na composição das areias mistas (Fig. 35), ao longo do litoral estudado, devido a sua vulnerabilidade à abrasão. As praias de Bicanga (P1), Manguinhos (P2), Grande (P8) e Coqueiral (P13) apresentaram condições hidrodinâmicas e sedimentares favoráveis à deposição dos briozoários. A praia de Mar Azul (P16), com terraço na antepraia que causa a alta dissipação de energia das ondas, mesmo distante das fontes principais de briozoários da plataforma continental, apresentou 7% deste componente nas areias bioclásticas, que é um teor relativamente alto para os briozoários, cujo teor máximo encontrado nas areias praias estudadas foi de 17%.

Se os briozoários são rapidamente reduzidos à granulação fina em função da sua fragilidade, os moluscos e as algas são mais resistentes, sendo encontrados como areias grossas.

As algas coralinas estão distribuídas, quase homogeneamente, ao longo da plataforma continental caracterizada por areias biolitoclásticas, contudo as distribuições de seus teores nas areias das praias estudadas são mais heterogêneas. Teores superiores a 60% de algas coralinas foram verificados nas estações P7 (praia do Barreiras), P9 e P10 (praia do Rio Preto), P12 (praia de Santa Cruz), P15 (praia do Padres) e P16 (praia Mar Azul), (Fig. 6-33). Os maiores teores de algas coralinas nas estações P7, P9 e P10, onde as areias são predominantemente litoclásticas, poderiam ser explicados pela idéia de Tanner (1995), de que teria havido acelerada abrasão pelos grãos de quartzo de maior dureza e conseqüente eliminação dos bioclastos mais frágeis. Esta abrasão pode ser intensificada pela maior energia das ondas das praias, como nas praias do Rio Preto (P9 e P10) e Padres (P15). As praias de Potiri (P17) e

Barra do Saí (P18), compostas predominantemente por grãos litoclásticos, também apresentaram teores de algas superiores a 50% e teores relativamente altos de moluscos (30 e 20%, respectivamente). Já os altos teores de algas nas areias das estações P12 e P16 parecem estar associados à alta ocorrência deste componente incrustado sobre as couraças lateríticas presentes da antepraia adjacente.

Scwinchatt (1965) concluiu que a produção local, a fragmentação e as diferentes naturezas dos bioclastos dificultam a interpretação das condições hidrodinâmicas. No litoral estudado, a distribuição quase homogênea dos teores de algas e moluscos dificulta a compreensão dos processos de distribuição, mas, por outro lado, a distribuição e a granulometria mais heterogênea dos briozoários poderiam esclarecer alguns processos hidrodinâmicos.

Conforme foi verificado também por Maiklem (1968), a distribuição inicial dos bioclastos está relacionada à produtividade dos organismos associados, mas a distribuição final nas areias depende dos processos hidrodinâmicos atuantes durante a sedimentação. Os briozoários, como são mais frágeis e, exibem granulometria mais fina e são depositados em praias com menor energia e com os menores teores de litoclastos. As algas e, em alguns trechos, os moluscos, foram encontrados nas praias com maior energia e com altos teores de litoclastos. Fica, portanto, evidenciada a importância da composição dos grãos na compreensão dos processos deposicionais (Michels, 1993).

Em algumas estações, os bioclastos tenderam para frações mais grossas na curva de distribuição granulométrica e em outras estações aconteceu exatamente o inverso. Pilkey *et al.* (1967) observaram que o diâmetro médio dos grãos bioclásticos é mais grosso que dos grãos litoclásticos, talvez pela forma mais achatada ou pela menor densidade dos primeiros. Mas as formas cilíndricas das algas coralinas articuladas e cilíndricas ou em blocos dos briozoários, podem ser as responsáveis pela distribuição granulométrica quase similar entre os grãos. Pilkey *et al.* (1967) destacam ainda que, quando a área de produção é próxima da área de deposição, os bioclastos apresentam-se maciços e portanto mais densos que os litoclastos. Desta forma grãos menores de bioclastos são depositados com grãos maiores de litoclastos.

Os graus de seleção das areias, durante o monitoramento, foram em geral moderados para as areias mistas, apesar da heterogeneidade composicional, da proximidade da área de produção dos bioclastos e do aporte próximo e contínuo dos

litoclastos para as praias. As chuvas que ocorreram no período do monitoramento, poderiam ter aumentado a vazão e a carga sedimentar dos rios para as praias. Contudo elas estiveram geralmente associadas às frentes frias que, por sua vez, seriam responsáveis pela intensificação dos processos de fragmentação das bioconstruções marinhas, dificultando a interpretação dos graus de seleção da distribuição granulométrica e da composição das areias mistas, conforme proposta por Prager *et al* (1996).

7.2.2 Tipologia das praias

A baixa declividade e, principalmente, as crostas lateríticas da antepraia limitam a atuação mais efetiva das ondas e restringe as tipologias morfodinâmicas das praias aos tipos intermediários ou dissipativos, inexistindo o tipo refletivo de maior energia sugerido por Wright *et al.* (1979). Além disso, nestas condições, as variações dos níveis de maré, fator destacado em trabalhos realizados por Wright *et al.* (1986, 1987) e Short (1991) nas praias australianas, são muito importantes como fatores hidrodinâmicos.

A distribuição espacial das couraças na antepraia é também, um dos fatores responsáveis pela diferenciação das praias, pois ela atua diretamente na altura, ângulo de incidência e tipo de onda na arrebentação e nos processos de seleção granulométrica.

Em seu trajeto rumo à praia, as ondas sofrem dissipação, refração e difração pela presença das couraças na antepraia, dificultando o transporte de sedimentos ao longo da costa.

Nas praias próximas às desembocaduras fluviais, a pequena capacidade de transporte longitudinal, aliada à retenção de parte dos sedimentos pelas couraças, favorece o surgimento de praias com grande estoque de sedimentos ao longo da antepraia, baixa declividade da face de praia, estabilidade topográfica e presença de dunas frontais.

Estes tipos de praia podem ser relacionados ao tipo dissipativo proposto por Wright *et al.* (1979), tendo sido encontrado nas praias de Bicanga (estação P1), Barreiras (estação P7), Grande (estação P8) e Santa Cruz (estação P12). Na praia de Mar Azul (estação P16), onde a antepraia é totalmente coberta pelas couraças, processa-se a ininterrupta dissipação das ondas.

As areias da praia Mar Azul, devido à produção carbonática intensa na antepraia, variaram desde finas a muito grossas durante o monitoramento. Nas demais estações, de praias classificadas como dissipativas, a ação dos processos hidrodinâmicos na distribuição final das areias foi mais efetiva. A dissipação contínua da energia das ondas de mar aberto, até sua arrebentação na praia, favoreceu a deposição de areias finas a médias, contendo inclusive briozoários, com seleções moderada a boa.

As praias Formosa (estação P11), Coqueiral (estação P13) e Sauna (estação P14) aproximaram-se da tipologia dissipativa, apresentando baixa declividade da face da praia (*beach face*), dunas frontais e pequena variação topográfica durante o monitoramento. Estas estações recebem a carga sedimentar do rio Piraquê-Açu e apresentam inúmeras couraças dispostas irregularmente nas antepraias superior e inferior (*foreshore* e *shoreface*). Desta forma houve menor dissipação das ondas e, por ocasião da maré alta, foram observadas correntes longitudinais.

À medida que as couraças tornam-se mais escassas na antepraia superior ou tendem a se concentrar na antepraia inferior, processa-se menor dissipação das ondas devido à maior profundidade das couraças, com conseqüente aumento da declividade da face da praia e das alturas de onda na arrebentação.

Estas características foram observadas nas praias de Manguinhos (P2 e P3) e Jacaraípe (P4 a P6), caracterizáveis como intermediárias, sem contudo, terem sido determinados os sub-tipos. Nestas praias, por ocasião de maré alta, as ondas apresentaram-se mais energéticas, com arrebentação mergulhante e com correntes longitudinais. As condições das ondas de mar aberto afetaram a morfologia praial, com predominância de erosão nos meses sob ação de frentes frias. Foi verificado recuo da praia ao final do monitoramento (Fig. 6-5 e 6-6).

A praia do Rio Preto (P9 e P10) apresentou-se com tipologia intermediária, exibindo de terraço de baixa-mar durante todo o monitoramento, devido à retenção de sedimentos pelas couraças na antepraia superior. A declividade da face de praia

manteve-se alta a moderada. Por ocasião da maré alta as ondas apresentaram arrebentação mergulhante e por ocasião de maré baixa a praia era dissipativa.

A alta declividade da plataforma adjacente, a presença das couraças ferruginosas na antepraia inferior e a ausência na antepraia superior nas praias dos Padres (P15), Potiri (P17) e Barra do Saí (P18) definem os processos morfodinâmicos destas praias, que apresentaram características intermediárias de bancos e praias de cúspide ou bancos e calhas longitudinais (Wright *et al.*, 1979). As ondas energéticas de mar aberto arrebentaram primeiramente como mergulhante na antepraia inferior, devido às couraças ferruginosas, e voltaram a se formar para arrebentar novamente na face da praia como ascendente. Desta forma o domínio reflexivo é limitado à antepraia superior, sendo dissipativo na antepraia inferior. A praia apresentou recuo associado às maiores ondas de mar aberto.

Nas praias intermediárias com bancos e calhas longitudinais, bancos e praias rítmicas e terraço de baixa-mar, a maior energia das ondas atuando sobre a antepraia superior depositou nas praias areias compostas predominantemente por litoclastos e/ou algas calcárias médias a grossas, com boa seleção. Areias finas a médias, com seleção moderada e composição mais heterogênea, foram encontradas nas praias intermediárias sem tipologia definida e areias finas boa seleção, compostas predominantemente por bioclastos, (exceção P7 na desembocadura fluvial do rio Reis Magos), foram encontradas as praias dissipativas ou aproximadamente dissipativas.

As distribuições composicional e granulométrica das areias mistas estiveram associadas a algum tipo morfodinâmico de praia, revalidando a idéia de Maiklem (1968), que destaca a importância dos processos hidrodinâmicos deposicionais na distribuição granulométrica final das areias mistas.

Nas praias intermediárias indeterminadas a heterogeneidade na composição das areias sugere a existência de inúmeros processos seletivos agindo sobre as areias mistas destas praias, conforme foi sugerido por Carter (1982), cuja interpretação é dificultada pela proximidade da área-fonte dos sedimentos (Scwinchatt, 1965) e pelas transformações sofridas pela ação de ondas na antepraia, com padrão morfológico indefinido.

7.2.3 Tendências futura das praias à erosão

Os perfis topográficos das praias associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras mantiveram-se estáveis durante o monitoramento, apresentando pequeno recuo entre os meses de maio e setembro de 96 e recuperação a partir de outubro de 96. Exceção foi verificada nos perfis das praias de Manguinhos (estação P2) e Jacaraípe (estação P5), onde o recuo manteve-se até o fim do período de monitoramento.

A partir de abril de 1996 os teores médios de bioclastos nas areias das praias sofreram incremento (Fig. 7-2). As médias do grau de seleção pouco variaram, sendo verificado um pequeno empobrecimento na seleção granulométrica associado ao engrossamento das areias mistas. A compreensão da variação da distribuição das areias mistas, como resposta às variações de energia, foi parcialmente prejudicada pela heterogeneidade composicional e granulométrica dos sedimentos mistos, conforme já sugerido por Carter (1982) e Carr *et al.* (1991).

O incremento nos teores de bioclastos e o engrossamento das areias poderiam ser atribuídos à maior frequência de ocorrência de frentes frias no período. O aumento da energia das ondas intensifica os processos de fragmentação e mobilização dos bioclastos na plataforma continental interna e na antepraia. Desta forma as praias, quando submetidas à maior energia de ondas, recebem mais sedimentos bioclásticos, o que contribui, juntamente com a dissipação das ondas, para o equilíbrio sedimentar e topográfico das praias.

Mesmo havendo intensificação dos processos de fragmentação dos bioclastos e a proteção das couraças contra às ações mais erosivas das ondas, as praias apresentaram variação topográfica associada às condições meteorológicas, com retrogradação praial em alguns trechos, não sendo portanto estes fatores suficientes para que as praias adquirissem características construtivas.

Com o aumento na frequência e nas intensidades das frentes frias, com conseqüente aumento na energia das ondas, nas praias onde as couraças apresentaram-se distribuídas mais escassamente, a erosão seria mais favorecida, já que as ondas sofreriam menor dissipação. Esta situação foi verificada nas praias de Manguinhos e Jacaraípe (P2 a P5).

FIGURA 7-2 Valores médios mensais dos teores de bioclastos, dos diâmetros médios e dos graus de seleção da distribuição granulométrica (em phi) das areias mistas das estações P1 a P18, de janeiro de 96 a janeiro de 97. Observa-se incremento dos teores de bioclastos a partir de maio de 96, com o aumento de incidência de frentes frias.

A estreita planície costeira, nas adjacências das desembocaduras fluviais (Martin *et al.*, 1996), aumenta a vulnerabilidade à erosão das praias deste trecho do litoral, talvez mais exacerbada pela fragilidade dos bioclastos. Young & Mann (1985) constataram que, sob condições de energia de ondas mais altas e em fundos rugosos, há a intensificação da fragmentação, podendo haver a completa eliminação dos bioclastos.

No caso de subida do nível relativo do mar, parte dos sedimentos da plataforma continental deixa de ser mobilizada pelas ondas incidentes (Muehe & Sucharov, 1981) diminuindo, desta maneira, o transporte dos sedimentos marinhos para as praias. Os sedimentos marinhos de áreas submersas constituem a principal fonte para as praias e, neste trecho, as cargas fluviais não seriam suficientes para suprir a diminuição desse aporte. A planície costeira e as praias não apresentariam acúmulo de sedimentos suficiente para que houvesse eficiente intercâmbio de sedimentos entre a praia e a

antepraia, em resposta ao deslocamento de energia da antepraia para o perfil emerso, conforme o modelo de adaptação do perfil praial em resposta à elevação do nível do mar, sugerido por Brunn (1962). Desta forma, as praias apresentariam erosão. Com a continuidade da subida do nível do mar as praias seriam destruídas, e as ondas incidentes atingiriam as falésias da Formação Barreiras que, desta maneira, passaria a representar a principal fonte de suprimento de areia às praias.

O trecho do litoral, associado aos tabuleiros da Formação Barreiras, apresenta ainda ocupação humana intensa, que causa a destruição das dunas frontais e diminui a disponibilidade de sedimentos através da retenção das areias pelos obstáculos representados pelas edificações sobre as feições deposicionais costeiras. Desta forma, verifica-se a intensificação dos problemas erosivos das praias em resposta às alterações do nível relativo do mar e ao adensamento da população humana nessas áreas.

VIII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de processos de sedimentação e de morfodinâmica das praias permitiram distinguir um grupo de praias associado à planície deltaica do rio Doce e aos depósitos quaternários ao pé das falésias da Formação Barreiras, coincidindo com a subdivisão da planície costeira quaternária do litoral do Espírito Santo proposta por Martin *et al.* (1996).

A dinâmica sedimentar atual, nas praias associadas à planície deltaica do rio Doce, representam a continuidade dos processos de evolução e desenvolvimento da planície costeira nos últimos milênios, tendo como fonte principal a carga sedimentar do rio Doce. As alternâncias nos sentidos dos ventos na região, geram inversões nos rumos das ondas incidentes e das correntes longitudinais e, juntamente com o bloqueio de transporte de sedimentos efetuado pelo fluxo do rio Doce, são responsáveis pela assimetria da planície costeira. O maior desenvolvimento da planície ao norte da desembocadura destaca a importância das ondas e correntes geradas pelos ventos alísios, principalmente sob ação do Fenômeno El Niño, que bloqueia as frentes frias antes de chegarem ao litoral capixaba.

A proximidade da desembocadura do rio Doce e sua influência atuando como molhe hidráulico determinam a morfodinâmica ao longo das praias. As características texturais das areias próximas à foz são semelhantes às aquelas encontradas no leito do rio, cujo aporte contínuo fica retido na praia e antepraia dos perfis adjacentes devido à ação de armadilha efetuada pelo molhe hidráulico. Deste modo, são encontrados abundantes sedimentos fluviais e marinhos constituindo o perfil praial emerso e submerso, neste trecho caracterizado por praias intermediárias.

Nas praias mais ao sul, e distante da desembocadura, foi verificado eficiente intercâmbio de areias grossas a muito grossas, hoje depositadas nos cordões litorâneos e na praia, com as da antepraia. Esta troca processa-se sob ação de altas ondas incidentes, que alcançam a linha de costa com arrebentação ascendente, proporcionada pela alta declividade da plataforma continental interna e antepraia. Neste trecho as praias apresentam-se refletivas.

Sendo os processos de sedimentação atuais análogos aos responsáveis pela evolução milenar da planície, pode-se supor que as praias associadas, mesmo registrando recuos do perfil praiial em adaptação às alternâncias das intensidades e direção das correntes, apresentem tendência à construção, com sedimentos disponíveis suficientes para responder morfologicamente a uma possível subida do nível relativo do mar, sem recuo muito acentuado.

O setor correspondente aos tabuleiros da Formação Barreiras apresenta plataforma continental interna muito rugosa pela presença das couraças lateríticas ferruginosas da Formação Barreiras. Estas feições encontram-se recobertas por construções carbonáticas e por fragmentos e areias bioclásticas grossas a muito grossas, que constituem a principal fonte de sedimentos para as praias adjacentes. Uma segunda fonte, seria representada pelas areias litoclásticas médias provenientes das cargas fluviais e erosão das falésias na Formação Barreiras.

Os bioclastos apresentam grande diversidade na composição, sendo três os componentes principais: as algas coralinas, os moluscos e os briozoários. As algas coralinas e moluscos apresentam distribuição aproximadamente homogênea em todas as frações granulométricas ao longo do litoral, sendo as maiores concentrações de algas coralinas verificadas na antepraia, pela abundante produção nestes locais. Os maiores teores de briozoários são verificados nas areias grossas e muito grossas localizam-se preferencialmente em águas profundas, devido a sua maior suscetibilidade à fragmentação sob a ação de ondas e correntes.

A distribuição inicial influenciada pela proximidade da área fonte, a resistência do bioclasto à fragmentação e, principalmente, os processos hidrodinâmicos envolvidos no transporte e deposição seriam os fatores principais atuantes que definem as características composicionais e granulométricas finais das areias biolitoclásticas ao longo das praias. Uma vez depositadas juntas, as areias bio e litoclásticas apresentam distribuição granulométrica similar e respondem igualmente aos processos hidrodinâmicos.

A presença das couraças ferruginosas na antepraia e na plataforma continental interna determinam ainda o comportamento das ondas que chegam com menor

energia às praias adjacentes e, desta forma, restringem as praias aos tipos intermediários e dissipativos. Já, a disposição irregular das couraças na praia e antepraia, atuando sobre o grau de exposição das praias às ondas incidentes, os poucos aportes fluviais e as diferenças nas propriedades físicas das areias das praias constituiriam as características locais responsáveis pelas diferentes tipologias locais.

Análises multivariadas aplicadas às características sedimentológicas das areias, às declividades da face da praia dos perfis praiais e às alturas da onda na arrebentação (Hb) poderiam contribuir para se compreender melhor o significado da diversidade da composição das areias na determinação da tipologia das praias. Porém, a declividade da face da praia e a altura da onda da arrebentação são dependentes no nível da maré no momento da observação e da distribuição espacial das couraças na antepraia, que se apresentam temporal e espacialmente heterogêneas, interferindo, desta forma, no grau de confiança dos testes.

Por outro lado a coleta dos dados de praias, sob diferentes níveis de maré, possibilitou a identificação de diferentes comportamentos e tipologias praiais já que, por ocasião de maré baixa, as praias associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras apresentavam características dissipativas, com as couraças lateríticas ferruginosas da antepraia parcialmente emersas.

A tendência à fragmentação e à completa eliminação dos bioclastos é, muito provavelmente, responsável pela planície costeira estreita à retaguarda das praias, com maior desenvolvimento próximo às desembocaduras fluviais.

Com o aumento nas freqüências e nas intensidades das frentes frias, e conseqüente aumento na energia das ondas, as praias onde as couraças apresentaram-se mais esparsamente distribuídas seriam as primeiras a sofrer erosão e, caso se confirme a tendência atual da subida do nível do mar, as praias poderiam ser completamente erodidas. O recuo da linha de costa neste trecho do litoral capixaba desencadearia inúmeros problemas, já que a área encontra-se densamente urbanizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J. e OLIVEIRA, R., 1995 Influência das couraças lateríticas da formação Barreiras na topografia e distribuição granulométricas dos perfis praias de Bicanga e Manguinhos – ES. *Anais I Simp. Processos Sedimentares e Problemas Ambientais da zona costeira do NE do Brasil*. 74-80. Recife – PE.
- ALLEN, J.R.L., 1984 Experiments on the settling, overturning and entrainment of bivalve shells and related models. *Sedimentology* 31:227-250.
- ALMEIDA, F.F.M., 1967 Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Dept. Nac. Prod. Mineral. *Diret. Geol. Miner., Bol.* 241, 36p. Rio de Janeiro.
- AMADOR, E.S. e DIAS, G.T., 1978. Considerações preliminares sobre depósitos do Terciário Superior do norte do Espírito Santo. *An. Acad. bras. Cienc.* 50(1):121-122.
- AMADOR, E.S., 1982a. Depósitos relacionados à unidade inferior do Grupo Barreira no Estado do Espírito Santo. *Anais Cong. bras. Geol. (SBG)*, 4:1451-1461.
- AMADOR, E.S., 1982b O Barreiras pleistocênico no Estado do Espírito Santo e seu relacionamento com depósitos de minerais pesados. *Anais Cong. bras. Geol. (SBG)*, 4:1462-1473.
- ASMUS, H.E., GOMES, J.B. e PEREIRA, A.C.B., 1971 Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. *Anais do XXV Cong. bras. Geol.* 3:235-254.
- AUBREY, D. G., 1983 Beach changes on coasts with different wave climates. In.: McLachlan, A. e Erasmus. T. (eds.). *Sandy beaches as ecosystems*. The Hague, Dr. Junk Publishers, p. 63-85.
- AYOADE, J.O., 1988 *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. Bertrand Brasil. 2 ed. 323p.
- BANDEIRA Jr., AN., PETRI, S. e SUGUIO, K. 1975. *Projeto rio Doce*. Rio de Janeiro. Petrobrás/Cenpes. 203 p. (Relatório Final).
- BASCOM, W. 1951 The relationship between sand size and beachface slope. *Transactions of the American Geophysical Union*, 32:866-874.
- BIEDERMAN Jr., E.W. 1962 Distinction of shoreline environments in New Jersey. *Journ. Sedim. Petrol.* 32(2):181-200.
- BIGARELLA, J.J e ANDRADE, G.O. 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). *Arquivos do Instituto das Ciências da Terra* 2:2-14.
- BIGARELLA, J.J. 1975 The Barreiras Group in northeastern Brasil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 47:365-393.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; MARQUES, F.P.L. 1961. Método para avaliação do nível oceânico à época da formação de terraços de construção marinha. *Bol. Paran. Geogr.* 4/5:111-115.
- BITTENCOURT, A.C.S.P., BOAS, G.S.V., AZEVEDO, A.E.G. e FARIAS, F.F. 1991 Taxas de transporte seletivo para diferentes tamanhos de partículas ao longo de uma praia: repercussão no registro sedimentar. *Rev. Bras. Geocien.* 21(2):121-126.
- BRAITHWAITE, C.J.R., 1973 Settling behaviour related to sieve analysis of skeletal sands. *Sedimentology* 20:251-262.
- BRIGGS, L.I, McCULLOCH, D.S., MOSER, F. 1962 The hydraulic shape of sand particles. *Jour. Sed. Petrol.*, 32(4):645-656.
- BRUUN, P. 1962 Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal of the Waterways and Harbors Division. American Society of Civil Engineers*, 88: 117-130.
- CARR, A.P., BLACKLEY, M.W.L. KING, H.L. 1982 Spatial and seasonal aspects of beach stability. *Earth surface and landforms* 7:267-282.
- CARR, D.J., KHOKIATTIWONG, S. SCOFFIN, T.P. TUDHOPE, A.W. 1991 Grain size, calcium carbonate content and accumulation rates of recent sediments in Phangnga Bay, South Thailand. *Phunkey mar. biol. Cent. Res. Bull.* 55:77-96.

- CARTER, R.W.G. 1982 Some problems associated with the analysis and interpretation of mixed carbonate and quartz beach sands, illustrated by examples from North-west Ireland. *Sedimentology Geology*, 33:35-56.
- CHAVE, K.E. 1960 Carbonate skeletons to limestones: problems. *Trans., N.Y. Acad. Sci.*, 23:14-24.
- CHAVE, K.E. 1962 Factors influencing the mineralogy of carbonate sediments. *Limnol. Oceanog.*, 7:218-223.
- CORDANI, U. 1973. *Evolução geológica pré-cambriana da faixa costeira do Brasil entre Salvador e Vitória*. Tese de livre Docência no Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da USP. São Paulo. 98p.
- COUTINHO, J.M.V. 1974a. O Pré-Cambriano do Vale do Rio Doce como fonte alimentadora de sedimentos costeiros. *Anais XXVIII Congresso Bras. Geol. Vol 5:43-56*.
- COUTINHO, J.M.V., 1974b Os minerais pesados de areia na foz do rio Doce. *Anais XXVIII Congresso Bras. Geol. Vol 5: 61-77*.
- COUTINHO, J.M.V e COIMBRA, A.M., 1974 Os pesados do Barreiras na costa Oriental Brasileira: Estudo de áreas-fontes. *Anais XXVIII Congresso Bras. Geol. Vol 5:27-41*.
- COWELL, P.J. e THOM, B.G 1997 Morphodynamics of coastal evolution. In: CARTER, R.W.G. e WOODROFFE, C.D. Eds. *Coastal Evolution*. Cambridge University Press. 2ed.
- DAVIS, Jr., R.A., 1985 *Beach and nearshore zone*. In Davis Jr. Ed. *Coastal sedimentary environments*. Springer-verlag. New York.
- DAVIS, R. e FOX, W.T. 1978 Four dimensional model for beach and inner nearshore sedimentation. *Journal of Geology* 80:484-493.
- DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação. 1996. *Tábua de Marés*. Terminal de Barra do Riacho p.36.
- DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação. 1997. *Tábua de Marés*. Terminal de Barra do Riacho p.36.
- DIAS, G.T.M, 1996 Classificação de sedimentos marinhos proposta de representação em cartas sedimentológicas. *Anais do XXXIX Congr. Bras. Geol. Vol. 3:423-426*.
- DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, 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). *Rev. Brasil. Geoc.* 11(4):227-237.
- DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, L. 1983 O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas a desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Rev. Brasil. Geoc.* 13(4):93-105.
- EMCAPA 1981. *Representação gráfica da frequência, direção e velocidade do vento em Vitória, Conceição da Barra e Regência, no Estado do Espírito Santo*. Relatório. 23p.
- EMERY, K.O. 1961. A simple method of measuring beach profile. *Limnol. Ocean.* 6:90-93.
- EVANS, O.F., 1939 Sorting and transportation of material in the swash and backwash. *Jour. Sed. Petrol.* 9:28-31.
- FARROW, G.E, ALLEN, N.H, AKPAN, E.B. 1984 Bioclastic carbonate sedimentation on a high-latitude tide-dominated shelf: Northeast Orkney Islands, Scotland. *Jour. Sed. Petrol.* 54(2):373-393.
- FOLK, R. 1968 *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill's, Austin, Texas.
- FOLK, R. e ROBLES, R. 1964 Carbonate sands of Isla Perez, Alacran Reef Complex, Yucatán. *Journal of Geology* 72(3):255-292.
- FOLK, R. e WARD, W. 1957. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.* 27(1):3-26.
- FONSECA, J.S. da, MARTINS, G.A. TOLEDO, G.L., 1995 *Estatística Aplicada*. 2. ed. ATLAS S.A. 267p.
- FRANÇA, A.M.C. 1979. Geomorfologia da margem continental leste brasileira e da bacia oceânica adjacente. In: Geomorfologia da margem continental leste brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. *Série Projeto Remac n.7*. p.89-127.
- FRIEDMAN, G.M. 1961 distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Jour. Sedi. Petrol.* 31:514-529.

- GILES, R.T e PILKEY, O.H. 1965 Atlantic beach and dune sediments of the southern United States. *Jour. Sed. Petrol.* 35:900-910.
- GINSBURG, R.N. 1956 Environment relationships of grain size and constituent particles in some south Florida carbonate sediments. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 4:2384-2427.
- HARDISTY, J. 1990 *Beaches: forms and processes*. Academic division at Unwin Hyman Ltd. USA.
- HARDY, R. 1996 *Weather Teach yourself books*. NTC Publishing Group. London. 203p.
- HAYES, M.O. 1964 Lognormal distribution of inner continental shelf widths and slopes. *Deep-Sea Res.* 11(1):53-78.
- HOMSI, A. 1978 Wave Climate in some zones off the Brazilian coast. *Proceedings of the 16 th coastal Engineering conference*. ASCE. Hamburg, Al.
- HUBERT, J.F. 1962 A zircon- tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *Jour. Sed. Petrol.*, 32:440-450.
- INGLE, J.C. 1966 *The movement of beach sand*. Elsevier Publishing Co. Amsterdam 221p.
- INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998 *Climanálise* (on line). Disponível: <http://cpotec> (capturado em 30 de setembro de 1998)
- KENCH, P.S. e McLEAN R.F. 1996 hydraulic characteristics of bioclastic deposits: new possibilities for environment interpretation using settling velocity fractions. *Sedimentology* 43:561-570.
- KING, C.A.M. 1972 *Beaches and Coasts*. Edward Arnold, London 559p.
- KING, L. 1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Rev. Bras. Geogr.* 18(2):147-265.
- KOMAR, P.D. 1976 *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.Y.
- KOMAR, P.D. 1977 Selective longshore transport rates of different grain-size fractions within a beach. *Jour. Sed. Petrol.* 47(1):1444-1453.
- KOMAR, P.D. 1983 Beach Processes and Erosion - An introduction. In KOMAR: *Handbook of Coastal Processes and Erosion*:1-20. CRC Press.
- KOMAR, P.D. e CLEMENS, K.E. 1986 The relationship between a grain's settling velocity and threshold of motions under inidirectional currents. *Jour. Sed. Petrol.* 56:258-266.
- KOMAR, P.D. e MILLER, M.C. 1975 On the comparison between the threshold of sediment motion under waves and inidirection currents with a discussion of the practical evaluation of the threshold. *Jour. Sed. Petrol.* 45(1):362-367.
- KOMAR, P.D. e WANG, C. 1984 Processes of selective grain transport and the formation of placers on beaches. *Journal. Geology.*, 92:637-655.
- KOMAR, P.D.; CLEMENS, K.E.; LI, Z.; SHIH, S.M. 1989. The effects of selective sorting on factor analyses of heavy-mineral assemblages. *Jour. Sed. Petr.*, 59(4):590-596.
- KOWSMANN, R.O. e COSTA, M.P.A. 1979. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e da áreas oceânicas adjacentes. *Projeto Remac n. 8*. 55p.
- KRUMBEIN, W.C. 1968 .Statistic models in sedimentology. *Sedimentology* 10:7-23.
- LARSONNER, C. 1977. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: methode mise au point et utilisée en Manche. *J.Roch. Oceanographiques*, 2:34-39.
- LEÃO, Z.M.A.N e BITTENCOURT, 1977 A fração biotritica dos sedimentos de fundo da Baía de Aratu (BA). *Rev. brasil. Geoc.* 7:115-130.
- LEÃO, Z.M.A.N e MACHADO, A.J. 1989 Variação da cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. *Rev. brasil Geoc.* 19(1):87-91.
- LIGUS (Laboratoire de l'Institut de Géographie de l'Université de Strasbourg) 1958. Methodé améliorée pour l'étude des sables. *Rev. Géom. Dyn.* IV:43-53.
- MABESOONE, J.M., CAMPOS e SILVA, A., BEURLEN 1972. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Rev. bras. Geoc.* 2(3):173-188.
- MAIKLEM, W.R., 1968 Some hydraulic properties of bioclastic grains. *Sedimentology* 10:101-109.
- MARTIN, L. e SUGUIO, K. 1992 Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in bach-rigde plains associated with river mouths: example from the central

- Barazilian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99:119-140. Amsterdam.
- MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.M., ARCHANJO, J.D. 1996. Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). *An. Acad. bras. Cien.* 68(3):389-404.
- MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de "deltas" brasileiros. *Boletim IG-USP. Publ. Especial* 15. 186 p.
- MAY, J.P., 1981 Chi (x): a proposed standard parameter for settling tube analysis of sediments. *Jour. Sed. Petrol.*, 51:607-610.
- McCAVE, I.N., 1978 Grain-size trends and transport along beaches: example from Eastern England. *Marine Geology* 28:43-51.
- McLANE 1995 *Sedimentology*. Oxford University Press. Oxford.
- McLAREN 1981 An interpretation of trends in grainsize measurements. *Jour. Sed. Petrol.* 51:611-624.
- MELO, U., SUMMERHAYES, C.P., ELLIS, J.P. 1975 Salvador to Vitoria, Southeastern Brazil. *Contr. Sedimentology* 4:78-116. Stuttgart.
- MENDES, I.A., DANTAS, M., BEZERRA, L.M.M. 1987. Geomorfologia. *Levantamento de Recursos Naturais. Projeto RADAM Brasil V. 34*: 173-228.
- MERFIELD, J.R., 1984 Modern cool-water beach sands of Southwest England. *Jour. Sed. Petrol.* 54(2):413-424.
- MICHELS, K. H. 1995 The decomposition of polymodal settling velocity distributions for a comprehensive sedimentological description of sand-sized samples. *Sedimentology* 42:31-38.
- MILLIAM, J.D. 1974 *Marine Carbonates*. Springer-Verlag. New York.
- MIYATA, Y. 1989 Verification of hydraulic equivalence during clastic sedimentation. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. D. Geol.* XXVI, 3:243-263.
- MUEHE, D. 1994. Geomorfologia costeira. In GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da (orgs). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos* (capítulo 6). Bertrand Brasil, RJ. p.253-308.
- MUEHE, D. e CARVALHO, V.G. 1993 Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre Ponta de Saquarema e o Cabo Frio RJ. *Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo* 41(1/2):1-12.
- MUEHE, D. e DOBEREINER, C. 1977 Dinâmica do fundo marinho ao longo do pier de Ipanema, Rio de Janeiro. *An. Ac. bras. Ciên.*, 49(2):281-285.
- MUEHE, D. e SUCHAROV, E. 1981. Considerações sobre o transporte de sedimentos na plataforma continental nas proximidades das Ilhas Maricás, RJ. *Rev. bras. Geoc.* 11(4):238-246.
- NIEDORODA, A. W., SWIFT, D.J.P. e HOPKINS, T.S. 1985 *The shoreface*. In Davis Jr. Ed. Coastal sedimentary environments. Springer-verlag. New York.
- OEHMIG, R. 1993 Entrainment of planktonic foraminifera: effect of bulk density. *Sedimentology*, 40:869-877.
- OEHMIG, R. e MICHELS, K.H. 1993 The isolation of settling-velocity fractions of sand-size material: new possibilities for the settling tube technique. *Jour. Sedi. Res.* A64:687-689.
- OEHMIG, R. e WALLRABE-ADAMS, H. 1993 Hydrodynamics properties and grain-size characteristics of volcanoclastic deposits on the Mid-Atlantic Ridge north of Iceland (Kolbeinsey Ridge). *Jour. Sedi. Petrol.*, 63:140-151.
- PESTANA, H.R. 1977 Guide for the identification of carbonate producing organisms. *Bermuda biological station for research*. Special publish.
- PETHICK, J. 1984 *An Introduction to Coastal Geomorphology*. Edward Arnold Publs. 2ed. USA 260p.
- PETTJONH, F.J. 1957 *Sedimentary rocks*. New York, Harper e Bros. 718p.
- PETTIJOHN, F.J.; POTTER, P.E.; SIEVER, R. 1972 *Sand and Sandstones*. New York, Springer-Verlag. 618p.

- PILKEY, O.H., MORTON, R.W., LUTERNAUER, J. 1967 The carbonate fraction of beach and dune sands. *Sedimentology* 8:311-327.
- PRAGER, E.J., SOUTHARD, J.B., VIVONI-GALLART, E.R., 1996 Experiments on the entrainment threshold of well-sorted and poorly sorted carbonate sands. *Sedimentology* 43:33-40.
- QUATRO RODAS 1997 *Guia Praias*. P.118 Ed. Abril.
- RAM Engenharia Ltda. 1994. *Terminais de grãos, fertilizantes e de guza. Determinação da agitação residual na baía portuária através de modelo matemático de refro-difração*. CVRD- SUPOT.
- RUBEY, W.W., 1933 The size distribution of heavy minerals with a water-laid sandstone. *Jour. Sed. Petrol.* 3:3-29.
- SAHU B.K. 1964 Deposition mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Jour. Sed. Petrol.* 34(1):73-83.
- SAHU, B.K. e PATRO, B.C., 1970 Treatment of sphericity and roundness data of quartz grains of clastic sediments. *Sedimentology*, 14:51-66.
- SHEPARD, F.P. 1973 *Submarine Geology*. Harper e Row edit. 557p.
- SHORT, A.D. 1975 Multiple offshore bars and standing waves. *J. Geophys. Res.*, 80(27):3838-3840.
- SHORT, A.D. 1979 Three dimensional beach stage model. *Journal of. Geology* 87:553-571.
- SHORT, A.D. 1988 Wave, beach, foredune and mobile dune interactions in southeast Australia. *Jour. Coast. Res.*, Special Issue 3:5-8.
- SHORT, A.D. 1991 Macro-meso tidal beach morphodynamics – An overview. *Journ. of Coast. Res.* 7:417-436.
- SILVA, J.X. da e SOUZA, M.J.L. 1988 *Análise Ambiental*. Ed. UFRJ 196p.
- SONU, C.J e VAN BEEK, J.L. 1971 Systematic beach changes in the outer banks, North Carolina. *Journal of Geology*, 74:416-425.
- STEHLI, F.G. e HOWER, J. 1961 Mineralogy of the carbonate sediments. *Jour. sed. Petrol.* 31:358-371.
- SUGUIO, K 1992 *Dicionário de Geologia Marinha*. T.A. Queiroz, ed. São Paulo.
- SUGUIO, K. 1973 *Introdução à Sedimentologia*. Ed. Blucher. São Paulo. 317 p.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1981 Significance of Quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian Coast. *Geo-Marine Letters* 1:181-185.
- SUTHERLAND, R.A. e LEE, C.T 1994 Discrimination between coastal subenvironments using textural characteristics. *Sedimentology* 41:1133-1145.
- SWINCHATT, J.P. 1965 Significance of constituent composition, texture and skeletal breakdown in some recent carbonate sediments. *Jour. Sed. Petrol.* 35:71-90.
- TANNER, W.F. 1964 Modification of sediment size distributions. *Jour. Sed. Petrol.* 34:156-164.
- TANNER, W.F. 1995 Carbonates. In: *Environ. Clastic Granulometry*. FGS, Feb-Mar.
- TOLDO Jr., E.E.; DILLEMBURG, S.R.; ALMEIDA, L.E.S.B.; TABAJARA, L.L.; MARTINS, L.R.; CUNHA, L.O .B.P 1993 Parâmetros morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. *Pesquisas*, 20(1):27-32.
- WENTHWORTH, C. 1922 A scale of grade and class term for clastic sediment. *Journal of. Geology* 30:377-392.
- WRIGHT, L.D. e SHORT, A.D. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In Komar, *Handbook of Coastal Processes and Erosion*. CRC Press. p.35-64.
- WRIGHT, L.D. e SHORT, A.D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology* 56:93-118.
- WRIGHT, L.D., e THOM, B.G 1977 Coastal depositional landforms: a morphodynamics approach. *Progress in Physical Geography*, 1:412-59.
- WRIGHT, L.D., THOM, B.G. COWELL, P. BRADSHAW, M. e CHAPPELL, J. 1977. Field observations at resonant surf and current spectra on a reflective beach and relationships to cusps. *Search* 8(9):321-322.
- WRIGHT, L.D., CHAPPELL, J., THOM, B.G., BRADSHAW, M.P. e COWELL, P. 1979 Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Marine Geology* 32:105-140.

- WRIGHT, L.D., GUZA, R.T. e SHORT, A.D. 1982. Dynamics of high energy dissipative surf zone. *Marine Geology* 45:41-62.
- WRIGHT, L.D., SHORT, A.D. e GREEN, M.O. 1985 Short term changes in the morphodynamics states of beaches and surf zones. An empirical predictive model. *Marine Geology*, 62:339:364.
- WRIGHT, L.D., NIELSEN, P. SHI, N.C. e LIST J.H., 1986 Morphodynamics of a bar-trough surf zone. *Marine Geology* 70:251-285.
- WRIGHT, L.D., SHORT, A.D., BOON, J.D., KIMBALL, S. e LIST, J.H., 1987 The morphodynamics effects of incident wave groupiness and tide range on energetic beach. *Marine Geology* 74:1-20.
- YOUNG, R.A. e MANN, R., 1985 Erosion velocities of skeletal carbonate sands, St. Thomas, virgin Island. *Marine geology* 69:171-185.

PRANCHAS

PRANCHA 1

(A)

(C)

(B)

(D)

AREIAS DA PRAIA GRANDE, P8

(A) 1,00 e 0,71mm, aumento 7x. Predomínio de fragmentos de moluscos (M). Presença de algas incrustantes (AI), equinodermas (E) e quartzo (Q).

(B) 0,50, 0,35 e 0,25 mm, aumento 27x. Predomínio de algas coralinas articuladas (AA) e incrustantes (AI) e fragmentos de moluscos (M). Presença de briozoários (B) e foraminíferos (F).

AREIAS DA PRAIA DO RIO PRETO, P10

(C) 1,00 e 0,71mm, aumento 7x Abundantes grãos de quartzo, predomínio de algas coralinas articuladas (AA), incrustantes (AI) e fragmentos de moluscos (M). Foraminíferos bentônicos e incrustantes (FI).

(D) 0,50, 0,35 e 0,25 mm, aumento 20x. Predomínio de algas coralinas articuladas (AA). Foraminíferos móveis (F) abundantes.

PRANCHA 2

(A)

(B)

(C)

AREIAS DA PRAIA DOS PADRES P15 (A) 2,00 e 1,41mm, aumento 8x e (B) 1,00 e 0,71 mm, aumento 10x: predomínio de algas coralinas incrustantes (AI) e fragmentos de moluscos (M), presença de algas articuladas (AA). (C) 0,50, 0,35 e 0,25mm, aumento 15x: Predomínio de algas coralinas articuladas (AA) e presença de foraminíferos móveis (F).

ANEXOS

ANEXO I Localização das estações de amostragem da zona submersa.

PERFIS		PERFIS		PERFIS		PERFIS		PERFIS		PERFIS		PERFIS		PERFIS	
A	20°13'35"S	B	20°11'32"S	C	20°09'32"S	D	20°07'32"S	E	20°05'32"S	F	20°03'32"S	G	20°01'32"S	H	19°59'32"S
A1	40°12'12"W	B1	40°11'06"W	C1	40°10'46"W	D1	40°10'28"W	E1	40°09'30"W	F1	40°08'36"W	G1	40°07'06"W	H1	40°08'34"W
A2	40°11'45"W	B2	40°10'44"W	C2	40°10'24"W	D2	40°10'06"W	E2	40°09'44"W	F2	40°08'50"W	G2	40°07'46"W	H2	40°08'12"W
A3	40°11'24"W	B3	40°10'26"W	C3	40°10'06"W	D3	40°09'44"W	E3	40°09'21"W	F3	40°08'27"W	G3	40°07'19"W	H3	40°07'50"W
A4	40°10'47"W	B4	40°09'46"W	C4	40°09'30"W	D4	40°09'06"W	E4	40°08'48"W	F4	40°07'54"W	G4	40°06'46"W	H4	40°07'20"W
A5	40°10'15"W	B5	40°09'27"W	C5	40°09'10"W	D5	40°08'36"W	E5	40°08'18"W	F5	40°07'24"W	G5	40°06'16"W	H5	40°06'50"W
A6	40°09'44"W	B6	40°08'40"W	C6	40°08'30"W	D6	40°08'03"W	E6	40°07'48"W	F6	40°06'54"W	G6	40°05'46"W	H6	40°06'20"W
A7	40°09'10"W	B7	40°08'10"W	C7	40°08'00"W	D7	40°07'30"W	E7	40°07'18"W	F7	40°06'24"W	G7	40°05'16"W	H7	40°05'50"W
A8	40°08'41"W	B8	40°07'40"W	C8	40°07'30"W	D8	40°07'00"W	E8	40°06'48"W	F8	40°05'54"W	G8	40°04'46"W	H8	40°05'20"W
A9	40°08'00"W	B9	40°07'10"W	C9	40°06'50"W	D9	40°06'30"W	E9	40°06'18"W	F9	40°05'24"W	G9	40°04'16"W	H9	40°04'50"W
A10	40°07'45"W	B10	40°06'40"W	C10	40°06'30"W	D10	40°06'00"W	E10	40°05'48"W	F10	40°04'54"W	G10	40°03'46"W	H10	40°04'20"W
A11	40°06'45"W	B11	40°05'40"W	C11	40°05'30"W	D11	40°05'00"W	E11	40°04'48"W	F11	40°03'54"W	G11	40°02'46"W	H11	40°03'20"W
A12	40°05'45"W	B12	40°04'40"W	C12	40°04'30"W	D12	40°04'00"W	E12	40°03'48"W	F12	40°02'54"W	G12	40°01'46"W	H12	40°02'20"W
A13	40°04'45"W	B13	40°03'40"W	C13	40°03'30"W	D13	40°03'00"W	E13	40°02'48"W	F13	40°01'54"W	G13	40°00'46"W	H13	40°01'20"W
A14	40°03'45"W	B14	40°02'40"W	C14	40°02'30"W	D14	40°02'00"W	E14	40°01'48"W	F14	40°00'54"W	G14	40°00'46"W	H14	40°00'20"W
H	19°59'32"S	I	19°57'32"S	J	19°55'32"S	K	19°53'32"S	L	19°51'32"S	M	19°49'32"S	N	19°47'32"S		
H1	40°08'34"W	I1	40°07'44"W	J1	40°06'25"W	K1	40°04'56"W	L1	40°03'42"W	M1	40°03'00"W	N1	40°02'02"W		
H2	40°08'12"W	I2	40°07'20"W	J2	40°06'00"W	K2	40°04'36"W	L2	40°03'22"W	M2	40°02'36"W	N2	40°01'50"W		
H3	40°07'50"W	I3	40°06'58"W	J3	40°05'40"W	K3	40°04'12"W	L3	40°03'00"W	M3	40°02'20"W	N3	40°01'14"W		
H4	40°07'20"W	I4	40°06'24"W	J4	40°05'10"W	K4	40°03'42"W	L4	40°02'24"W	M4	40°01'48"W	N4	40°00'58"W		
H5	40°06'50"W	I5	40°05'54"W	J5	40°04'40"W	K5	40°03'12"W	L5	40°01'54"W	M5	40°01'16"W	N5	40°00'16"W		
H6	40°06'20"W	I6	40°05'24"W	J6	40°04'10"W	K6	40°02'42"W	L6	40°01'24"W	M6	40°00'48"W	N6	39°59'30"W		
H7	40°05'50"W	I7	40°04'54"W	J7	40°03'40"W	K7	40°02'12"W	L7	40°00'54"W	M7	40°00'08"W	N7	39°58'24"W		
H8	40°05'20"W	I8	40°04'24"W	J8	40°03'10"W	K8	40°01'42"W	L8	40°00'24"W	M8	39°59'30"W	N8	39°58'24"W		
H9	40°04'50"W	I9	40°03'54"W	J9	40°02'40"W	K9	40°01'12"W	L9	39°59'54"W	M9	39°59'00"W	N9	39°57'56"W		
H10	40°04'20"W	I10	40°03'24"W	J10	40°02'10"W	K10	40°00'42"W	L10	39°59'24"W	M10	39°58'30"W	N10	39°57'24"W		
H11	40°03'20"W	I11	40°02'24"W	J11	40°01'10"W	K11	39°59'42"W	L11	39°58'24"W	M11	39°57'30"W	N11	39°56'24"W		
H12	40°02'20"W	I12	40°01'24"W	J12	40°00'10"W	K12	39°58'42"W	L12	39°57'24"W	M12	39°56'30"W	N12	39°55'24"W		
H13	40°01'20"W	I13	40°00'24"W	J13	39°59'10"W	K13	39°57'42"W	L13	39°56'24"W	M13	39°55'30"W	N13	39°54'24"W		
H14	40°00'20"W	I14	39°59'24"W	J14	39°58'10"W	K14	39°56'42"W	L14	39°55'24"W	M14	39°54'30"W	N14	39°53'24"W		
O	19°45'32"S	P	19°43'32"S	Q	19°41'32"S	R	19°39'32"S	S	19°37'32"S	T	19°35'32"S	U	19°33'32"S		
O1	40°00'24"W	P1	39°58'00"W	Q1	39°55'00"W	R1	39°50'55"W	S1	39°48'00"W	T1	39°46'39"W	U1	39°45'48"W		
O2	40°00'00"W	P2	39°57'40"W	Q2	39°54'40"W	R2	39°50'25"W	S2	39°47'38"W	T2	39°46'18"W	U2	39°45'26"W		
O3	39°59'28"W	P3	39°57'20"W	Q3	39°54'18"W	R3	39°50'00"W	S3	39°47'18"W	T3	39°45'58"W	U3	39°45'04"W		
O4	39°59'00"W	P4	39°56'50"W	Q4	39°53'56"W	R4	39°49'27"W	S4	39°46'40"W	T4	39°45'24"W	U4	39°44'30"W		
O5	39°58'30"W	P5	39°56'20"W	Q5	39°53'11"W	R5	39°48'51"W	S5	39°46'09"W	T5	39°44'54"W	U5	39°44'00"W		
O6	39°58'00"W	P6	39°55'50"W	Q6	39°52'41"W	R6	39°48'18"W	S6	39°45'40"W	T6	39°44'24"W	U6	39°43'30"W		
O7	39°57'30"W	P7	39°55'20"W	Q7	39°52'11"W	R7	39°47'51"W	S7	39°45'10"W	T7	39°43'54"W	U7	39°43'00"W		
O8	39°57'00"W	P8	39°54'50"W	Q8	39°51'41"W	R8	39°47'18"W	S8	39°44'40"W	T8	39°43'24"W	U8	39°42'30"W		
O9	39°56'30"W	P9	39°54'20"W	Q9	39°51'11"W	R9	39°46'51"W	S9	39°44'10"W	T9	39°42'54"W	U9	39°42'00"W		
O10	39°56'00"W	P10	39°53'50"W	Q10	39°50'41"W	R10	39°46'18"W	S10	39°43'40"W	T10	39°42'24"W	U10	39°41'30"W		
O11	39°55'00"W	P11	39°52'50"W	Q11	39°49'41"W	R11	39°45'18"W	S11	39°42'40"W	T11	39°41'24"W	U11	39°40'30"W		
O12	39°54'00"W	P12	39°51'50"W	Q12	39°48'41"W	R12	39°44'18"W	S12	39°41'40"W	T12	39°40'24"W	U12	39°39'30"W		
O13	39°53'00"W	P13	39°50'50"W	Q13	39°47'41"W	R13	39°43'18"W	S13	39°40'40"W	T13	39°39'24"W	U13	39°38'30"W		
O14	39°52'00"W	P14	39°49'50"W	Q14	39°46'41"W	R14	39°42'18"W	S14	39°39'40"W	T14	39°38'24"W	U14	39°37'30"W		
O15	39°51'00"W	P15	39°48'50"W	Q15	39°45'41"W	R15	39°42'18"W	S15	39°39'40"W	T15	39°38'24"W	U15	39°37'30"W		

ANEXO II

LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DAS PRAIAS DE BICANGA (P1) A POVOAÇÃO (P24) – ES

Posições	Coordenadas Geográficas	Referências Locais para os perfis topográficos
1	20° 12'48"S; 40° 11'54"W	Rio. Início do perfil: Quina da cerca ao lado do rio. Alinhamento: cerca, 280° NW.
2	20° 12'11"S; 40° 11'46"W	Casa do advogado. Início: último poste de luz da rua transversal. Alinhamento: postes de luz.
3	20° 11'35"S; 40° 11'24"W	Bar do Geraldo. Início: Calçada margem leste da rua Beira Mar. Alinhamento: Divisão das construções do Bar do Geraldo e Restaurante Iemanjá (poste de leitura de luz)
4	20° 09'46"; 40° 11'00"W	Margem sul do rio Jacaraípe, primeira rua pós início de divisória de cimento da ES010. Alinhamento com muro, margem sul da rua. Início quina do muro.
5	20° 08'55"S; 40° 11'00"W	Rua Santa Catarina. rua do Hotel. Alinhamento postes de luz margem sul da rua. Início: em cima do calçadão (margem w).
6	20° 07'26"S; 40° 10'38"W	Placa da casa de Pedra. Alinhamento poste de luz, margem norte da rua da placa. Início: marco 47m, no alinhamento, da quina do muro da última casa n. 18.
7	20° 04'41"S; 40° 10'47"W	Rua do Bar do Bigode. Alinhamento muro da casa, margem sul. Início: Quina do muro.
8	20° 02'36"S; 40° 11'19"W	Rua do Boteco do Chico. Alinhamento: Divisa da casa de esquina com a de tijolinho, delimitadas por alinhamento de coqueiros. Início: muro das casas.
9	20° 01'34"S; 40° 09'34"W	Primeira entrada sul da praia do Rio Preto. Início quina do muro. Alinhamento: muro de 73,3m que abrange a rua toda.
10	20° 00'57"S; 40° 09'21"W	Rio Preto. Entrada no caminho da duna em frente a casa branca de dois andares. Início marco, alinhamento 310NW, com poste de luz.
11	19° 59'34"S; 40° 08'48"W	SESC. Dentro da colônia. Alinhamento: rede de volei e o poste de luz ao sul da entrada. Início poste.
12	19° 58'12"S; 40° 08'00"W	Estação Augusto Ruschi. Início, marco. Alinhamento 330NW.
13	19° 56'46"S; 40° 08'46"W	Coqueiral. Em frente a entrada para Coqueiral BR101N (Água Rasa). Alinhamento: poste de luz ao norte, castanheira e coqueiro. Início: poste.
14	19° 56'15"S; 40° 07'46"W	Placa da Sauna. Início: poste de luz. Alinhamento: poste e castanheiras.
15	19° 55'48"S; 40° 06'54"W	Rua do Brisas Bar. A partir da rua principal segundo poste de luz ao sul. Início e alinhamento: postes de luz.
16	19° 55'12"S; 40° 06'34"W	Rua da caixa d'água. Alinhamento postes de luz. Início poste de luz.
17	19° 54'14"S; 40° 05'36"W	Rua do Bar Potirí. Alinhamento e início: poste de luz, margem sul.
18	19° 52'57"S; 40° 05'02"W	Barra do Sai. 4a. rua após a ponte. Rua do Zicus bar. Alinhamento e início: postes de luz.
19	19° 48'58"S; 40° 03'19"W	Barra do Riacho. Marco projeto TAMAR n. 2 rumo 330° NW.
20	19° 43'00"S; 39° 57'24"W	Marco projeto TAMAR 17. Rumo 345° NW.
21	19° 40'10"S; 39° 52'48"W	Casa da base do projeto TAMAR Comboios. Alinhamento e início. Margem sul da casa com a torre do rádio.
22	19° 39'25"S; 39° 49'30"W	Praia de Comboios. Rua da Petrobrás. Início marco. Alinhamento 25° NE.
23	19° 37'30"S; 39° 48'06"W	Barra de Povoação. Início marco. Alinhamento 310° NW.
24	19° 35'00"S; 39° 46'54"W	Povoação. Rua principal de chegada. Alinhamento: postes de luz. Início: último poste de luz.

ANEXO III Condições meteorológicas observadas em campo e fases lunares do dias de amostragem.

CAMPANHAS	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	LUA
18, 19, 20 e 21 de janeiro de 1996	Tempo bom. Vento NE durante toda a amostragem	18 a 20, minguante; 21 nova.
12, 13 e 14 de fevereiro de 1996	Tempo bom. Ventos moderados E-NE dias 12 e 13. Entrada de vento S-SE dia 14.	Minguante
15, 16 e 17 de março de 1996	Condição pós-frontal, tempo bom. Vento E-NE durante a amostragem, embora os ângulos de incidência das ondas, em grande maioria, herdassem as condições de tempestade.	Minguante
19, 20 e 21 de abril de 1996	Condição de frente fria intensa. Ventos fortes S-SE. Chuvas	Nova
17, 18 e 19 de maio de 1996	Frente fria. Vento S-SE no dia 17, E-NE dias 18 e 19. Chuvas.	Nova
14 e 15 de junho de 1996	Condições pós-frontal. Ventos fracos E.	Minguante
18, 19 e 20 de julho de 1996	Tempo bom. Ventos moderados e fortes NE. Sol.	Nova
16, 17 e 18 de agosto de 1996	Tempo bom. Ventos fortes de S-SE	Nova
20, 21 e 22 de setembro de 1996	Frente fria. Vento SE-SW.	Crescente
17, 19 e 20 de outubro de 1996	17 Frente fria e ventos SW moderados. 19 e 20 Tempo pós-frontal. Ventos NE moderados	17, Nova 19 e 20 Crescente
15, 16 e 17 de novembro de 1996	15 Tempo bom, ventos moderados de NE. Sol. 16 e 17 Chuva. Vento forte de NE. Condição pré-frontal. Frente Fria, com ventos de SW dias conseqüentes.	Nova
16, 22 e 23 de janeiro de 1997	Tempo bom. Ventos moderados de NE. Sol.	16, Crescente 22 e 23 Cheia

ANEXO IV

DADOS OCEANOGRÁFICOS OBTIDOS A PARTIR DA PRAIA E VALORES ESTIMADOS PARA ENERGIA (E), VELOCIDADE E CAPACIDADE DE TRANSPORTE LONGITUDINAL (vs e Qs).

	Hb(m)	t (s)	α°	Tipo	maré	$e(\text{joules/m}^2)$	vs(cm/s)	Qs(m ³ /dia)
P1								
Jan/96	0,35	6,0	30 S	Mergulhante	0,40	153,06	0,564	590,17 S
Fev/96	1,10	7,0	15 N	Mergulh/deslizan	0,82	1511,89	1,774	5962,91 N
Mar/96	0,90	7,3	8 N	Mergulh/deslizan	0,90	1012,09	0,487	1991,58 N
Abr/96	0,55	5,5	25 N	Mergulhante	0,60	377,97	1,058	1615,88 N
Mai/96	0,70	7,8	8 N	Deslizan/mergulh	0,80	612,25	0,430	1061,35 N
Jun/96	0,48	5,1	7 S	Mergulhante	0,10	287,88	0,300	SUL
Jul/96	0,50	6,5	sul	Deslizante	0,62	312,37	—	SUL
Ago/96	0,65	6,0	9 N	Deslizante	0,70	527,91	0,950	997,21 N
Set/96	0,95	7,0	7 N	Mergulhante	1,00	1127,67	0,430	2001,83 N
Out/96	1,03	5,7	8 N	Mergulhante	1,34	1325,59	0,530	2788,58 N
Nov/96	0,90	8,4	8 S	Mergulhante	1,38	1012,09	0,480	1991,57 S
Jan/97	0,35	4,6	6 S	Deslizante	0,82	153,06	0,230	141,80 S
P2								
Jan/96	0,15	5,4	14 S	Deslizante	0,24	28,11	0,130	38,47S
Fev/96	0,72	7,0	5 N	Mergulh/deslizan	0,89	647,74	0,233	718,19 N
Mar/96	0,80	7,1	8 N	Mergulhante	0,75	799,68	0,678	2189,98 N
Abr/96	0,25	5,1	10 N	Mergulhante	0,53	78,09	0,3180	110,06 N
Mai/96	0,70	6,9	8 S	Deslizan/mergulh	0,32	612,25	0,430	1061,35 S
Jun/96	0,40	5,1	7 S	Mergulhante	0,00	199,92	0,170	230,29 S
Jul/96	0,50	6,5	sul	Mergulh/deslizan	0,70	312,37	—	Sul
Ago/96	0,40	5,4	9 N	Mergulhante	0,62	199,92	0,580	294,05 N
Set/96	0,90	7,6	10 N	Mergulhante	1,06	1012,09	0,570	2471,40 N
Out/96	1,50	4,8	10 N	Mergulhante	1,30	2811,37	0,950	7224,62 N
Nov/96	0,85	8,0	10 S	Mergulh/deslizan	1,34	902,76	0,590	2141,45 S
Jan/97	0,35	5,6	5 S	Mergulhante	0,86	153,06	0,190	118,35 S
P3								
Jan/96	0,20	6,2	*	Deslizante	0,16	49,98	*	*
Fev/96	0,40	6,7	8 N	Deslizante	0,94	199,92	0,205	262,27 N
Mar/96	0,55	8,5	9 N	Mergulhante	0,66	377,97	0,427	651,83 N
Abr/96	0,46	6,5	14 N	Mergulhante	0,48	264,39	0,593	633,58 N
Mai/96	0,45	6,1	7N	Mergulhante	0,40	253,02	0,170	414,91 N
Jun/96	0,60	7,3	12 S	Mergulhante	0,11	449,82	0,214	363,24 S
Jul/96	0,65	9,3	SUL	Mergulhante	0,75	527,91	—	SUL
Ago/96	0,50	7,7	10 N	Mergulhante	0,55	312,37	—	435,87 N
Set/96	0,90	7,6	10 N	Mergulhante	1,15	1012,09	0,570	2471,40 N
Out/96	0,85	5,0	7 N	Mergulh/deslizan	1,28	902,76	0,380	1515,66 N
Nov/96	1,20	8,2	7 S	Mergulhante	1,30	3598,56	0,590	7180,17 S
Jan/97	0,55	4,7	6 S	Mergulh/ascend	0,90	755,95	0,290	876,76 S
P4								
Jan/96	0,10	5,7	14 S	Deslizante	0,10	12,50	0,087	13,80 S
Fev/96	0,55	8,5	6 S	Deslizan/mergulhante	1,00	377,97	0,478	438,36 S
Mar/96	0,40	7,0	8 N	Mergulhante	0,58	199,92	0,325	262,27 N
Abr/96	0,60	6,5	9 N	Mergulhante	0,42	449,82	0,446	810,24 N
Mai/96	0,32	5,9	7 N	Deslizante	0,29	127,95	0,450	131,83 N
Jun/96	0,30	7,7	6 S	Deslizan/mergulh	0,16	112,45	0,109	496,13 S
Jul/96	0,40	6,3	*	Deslizante	0,80	199,92	—	*
Ago/96	0,32	9,2	*	Mergulhante	0,50	127,95	—	*
Set/96	0,75	8,8	10 N	Deslizante	1,18	828,25	0,380	1487,80 N
Out/96	0,70	4,5	8 N	Deslizan/ascend	1,25	612,25	0,360	1062,50 N
Nov/96	0,60	6,7	7 S	Deslizan/mergulh	1,18	449,82	0,350	634,74 S
Jan/97	0,30	5,3	6 S	Deslizante	0,88	112,45	0,210	96,22 S
P5								
Jan/96	0,60	6,2	8 S	Deslizante	0,16	449,82	0,308	722,66 S
Fev/96	0,70	7,0	8 S	Mergulhante	0,95	612,35	0,359	1062,51 S
Mar/96	0,65	7,9	8 S	Mergulhante	0,40	527,91	0,414	882,75 S
Abr/96	0,60	6,5	9 N	Mergulh/deslizan	0,35	449,82	0,446	882,24 N
Mai/96	0,45	7,7	12 N	Deslizante	0,29	233,02	0,510	1212,60 N
Jun/96	1,00	8,2	12 S	Mergulh/deslizan	0,22	1249,50	0,758	3827,98 S
Jul/96	0,60	9,3	SUL	Mergulh/deslizan	0,88	449,82	—	SUL
Ago/96	0,50	8,2	6 N	Mergulhante	0,45	312,37	0,600	345,39 N
Set/96	1,00	10,4	10 N	Deslizante	1,18	1249,50	0,390	1955,39 N
Out/96	1,50	4,7	10 N	Mergulhante	1,22	2811,37	0,950	7224,62 N
Nov/96	1,25	7,1	8 S	Deslizante	1,22	3904,69	0,570	9055,65 S
Jan/97	0,75	4,9	4 S	Delizan/mergulh	0,86	1405,69	0,220	1274,02 S

P6								
Jan/96	0,50	9,0	*	Mergulhante**	0,28	312,37	*	*
Fev/96	1,00	6,7	20 N	Mergulhante	0,90	1249,50	1,197	6044,64 N
Mar/96	0,40	8,0	10 N	Mergulh/deslizan	0,25	199,92	0,403	325,45 N
Abr/96	0,20	6,3	15 N	Deslizante	0,25	249,90	0,416	420,58 N
Mai/96	maré	baixa.		Courças	0,20	Dificultaram	A	Leitura.
Jun/96	0,60	11,2	6 S	Mergulh/deslizan	0,32	449,82	0,230	545,04 S
Jul/96	0,72	6,0	10 S	Mergulh/deslizan	0,92	647,74	1,303	1414,72 S
Ago/96	mare	baixa	impos	Sibilitava	0,50	Leitura		
Set/96	0,75	8,4	10 N	Deslizante	1,16	828,25	0,480	1846,24 N
Out/96	0,60	4,2	10 N	Deslizante	1,20	449,82	0,380	896,66 N
Nov/96	0,80	6,9	7 S	Mergulhante	1,17	1599,36	0,400	2605,59
Jan/97	0,80	6,5	5 S	Mergulh/deslizan	0,82	1599,36	0,290	1869,13 S
P7								
Jan/96	0,05	4,8	15 S	Deslizante	0,50	0,00	0,00	0,00
Fev/96	0,50	5,0	14 N	Deslizante	0,80	312,75	0,466	780,21 N
Mar/96	***	***	***	***	0,10	***	***	***
Abr/96	0,15	6,2	11 N	Mergulhante	0,18	28,11	0,361	30,70 N
Mai/96	0,25	--	8 N	Deslizante	0,29	78,09	0,260	80,86 N
Jun/96	0,15	--	--	Deslizante	0,41	28,11	--	--
Jul/96	0,40	4,5	*	Deslizante	1,00	199,92	--	*
Ago/96	0,05	-	-	Deslizante	0,27	-	-	-
Set/96	0,40	6,2	8 N	Deslizante	1,15	199,92	0,200	262,27 N
Out/96	0,30	4,1	7 N	Deslizante	1,17	112,45	0,130	111,95 N
Nov/96	0,20	*	*	Deslizante	1,11	99,96		
Jan/97	0,35	4,0	4 N	Deslizan/mergulh	0,77	153,06	0,150	94,90 N
P8								
Jan/96	0,90	12,0	5 N	Deslizante	0,70	1012,09	0,307	1254,50 N
Fev/96	0,60	10,3	9 N	Mergulh/deslizan	0,70	449,82	1,081	810,24 N
Mar/96	0,30	9,0	8 S	Mergulhante	0,30	112,45	0,281	127,77 S
Abr/96	0,60	6,4	6 N	Mergulh/deslizan	0,10	449,82	0,300	554,88 N
Mai/96	0,45	8,2	7 N	Mergulh/deslizan	0,38	253,02	0,300	712,36 N
Jun/96	0,90	7,6	4 S	Mergulh/deslizan	0,54	28,11	0,230	1005,90 S
Jul/96	0,65	12,8	SUL	Deslizan/mergulh	1,08	527,91	--	SUL
Ago/96	0,30	6,0	9 N	Deslizan/mergulh	0,22	112,45	0,440	41,70 N
Set/96	0,43	9,1	6 N	Deslizan/mergulh	1,10	211,61	0,750	2271,70 N
Out/96	0,70	7,1	7 N	Deslizante	1,09	612,25	0,310	932,96 N
Nov/96	0,65	11,0	7 S	Mergulh/deslizan	0,85	1055,83	0,360	1559,69 S
Jan/97	0,42	5,8	6 S	Deslizante	0,75	440,82	0,250	447,36 S
P9								
Jan/96	1,10	6,3	10 S	Deslizante	0,85	1511,89	0,700	4078,63 S
Fev/96	0,50	7,0	7nn	Mergulhante	0,50	312,37	0,705	402,24 N
Mar/96	1,05	7,5	13 N	Deslizante	1,30	1377,57	0,840	5586,96 N
Abr/96	0,93	7,5	14 N	Mergulhante	0,21	1080,69	0,843	3681,46 N
Mai/96	1,20	6,9	12 N	Deslizan/mergulh	1,25	1799,28	0,830	6034,90 N
Jun/96	1,05	6,9	6 N	Mergulh/deslizan	0,60	1317,57	0,400	2207,40 N
Jul/96	1,05	8,1	8 S	Deslizante	0,85	1377,57	1,115	2927,62 S
Ago/96	0,50	6,6	14 N	Mergulhante	0,30	312,37	0,900	776,21 N
Set/96	1,30	13,5	9 N	Mergulhante	1,07	2111,61	0,750	2271,70
Out/96	1,40	5,4	11 N	Mergulh/deslizan	1,07	2449,02	0,980	8169,10 N
Nov/96	1,25	6,5	8 N	Mergulh/deslizan	1,07	3904,69	0,570	9055,65 N
Jan/97	1,00	5,6	6 S	Deslizante	0,73	2499,00	0,390	3914,55 S
P10								
Jan/96	0,80	5,3	12 S	Desliz/ascendent	0,90	799,68	0,500	664,11 S
Fev/96	0,48	5,8	9 N	Mergulhante	0,43	287,88	0,364	463,81 N
Mar/96	1,40	8,1	7 N	Deslizante	1,27	2449,02	0,533	5277,75 N
Abr/96	0,90	6,5	10 N	Mergulhante	0,25	1012,09	0,604	2471,41 N
Mai/96	1,50	6,5	10 N	Mergulh/deslizan	1,30	2811,37	0,780	8859,15 N
Jun/96	1,35	11,0	7 N	Deslizante	0,65	1249,50	0,604	4815,38 N
Jul/96	0,70	9,3	8 S	Desliz/asce face	0,57	612,25	1,157	1062,49 S
Ago/96	0,50	6,9	12 N	Deslizante	0,35	312,37	0,840	676,15 N
Set/96	1,45	13,5	10 N	Mergulh/deslizan	1,05	2627,07	0,920	8142,45 N
Out/96	1,50	5,8	10 N	Deslizan/mergulh	1,05	2811,37	0,980	7224,62 N
Nov/96	0,75	7,5	00	Mergulhante	1,03	1405,69	0,000	000
Jan/97	0,70	5,7	8 S	Deslizante	0,69	612,25	0,430	1061,35 S

P11								
Jan/96	0,75	6,8	15 S	Deslizante	1,15	702,09	0,698	2290,50 S
Fev/96	0,40	6,8	*	Deslizante	0,36	199,92	*	*
Mar/96	0,60	7,4	7 N	Deslizante	1,15	449,82	0,349	634,56 N
Abr/96	0,65	6,6	10 N	Mergulh/desliza	0,32	527,91	0,513	1095,43 N
Mai/96	0,70	7,2	*	Deslizante	1,15	612,25	*	*
Jun/96	1,00	8,2	7 N	Mergulhante	0,80	1249,50	0,047	2277,22 N
Jul/96	0,55	7,2	*	Deslizante	0,95	377,97	—	*
Ago/96	0,65	6,4	17 N	Desliza/mergulh	0,40	527,91	1,320	525,73 N
Set/96	1,10	6,7	4 N	Mergulh/desliza	1,03	1511,89	0,280	1661,14 N
Out/96	1,10	5,6	8 N	Mergulh/desliza	1,00	1511,89	0,950	3288,87 N
Nov/96	0,75	7,5	*	Mergulhante	0,99	1405,69	*	*
Jan/97	0,20	5,6	5 S	Deslizante	0,67			
P12								
Jan/96	***	***	***	***	0,67	***	***	***
Fev/96	0,20	4,0	*	Mergulhante**	0,30	49,98	*	*
Mar/96	0,20	6,7	*	Deslizante	0,90	49,98	*	*
Abr/96	0,15	9,3	7 N	Deslizante	0,47	28,11	0,175	19,83 N
Mai/96	0,20	5,2	*	Mergulhante	0,50	49,98	*	*
Jun/96	0,53	8,5	6 N	Deslizante	1,20	350,98	0,205	339,24 N
Jul/96	0,32	7,2	*	Mergulh/desliza	1,02	127,95	—	*
Ago/96	0,40	4,2	8 N	Deslizante	0,50	199,92	0,550	262,27 N
Set/96	0,25	—	0	Mergulhante	0,80	—	—	—
Out/96	0,35	3,0	0	Deslizante	0,96	153,06	—	—
Nov/96	0,50	6,0	5 S	Deslizante	0,95	312,37	0,230	288,54 S
Jan/97	0,15	6,0	00	Deslizante	0,66	56,23	00	00
P13								
Jan/96	0,15	6,1	8 S	Mergulhante**	0,45	28,11	0,077	21,59 N
Fev/96	0,40	5,6	*	Mergulh/desliz**	0,76	199,92	*	*
Mar/96	0,55	5,7	*	Ascendente	1,14	377,97	*	*
Abr/96	0,50	4,7	5 N	Mergulhante	0,40	312,37	0,229	403,23 N
Mai/96	0,80	4,4	*	Mergulh/desliza	1,10	799,68	*	*
Jun/96	0,75	7,3	6 S	Mergulh/desliza	0,85	828,25	0,290	1424,02 S
Jul/96	0,40	6,0	00	Deslizante	0,75	199,92	00	00
Ago/96	0,55	4,6	14 N	Deslizante	0,60	377,97	0,990	985,13 N
Set/96	0,38	6,6	4 N	Mergulhante	0,85	180,43	0,100	116,52 N
Out/96	0,45	3,0	7 N	Desliza/mergulh	0,93	253,02	0,200	309,05 N
Nov/96	0,55	4,7	6 S	Mergulhante	0,88	755,95	0,280	876,76 S
Jan/97	0,40	5,6	5 S	Mergulhante	0,61	399,84	0,200	330,40 S
P14								
Jan/96	0,30	6,2	12 S	Deslizante	0,35	449,82	0,227	896,77 N
Fev/96	0,33	8,0	*	Mergulhante	0,80	136,07	*	*
Mar/96	0,90	9,0	5 S	Ascendente	0,85	1012,09	0,307	1254,49 S
Abr/96	0,50	8,8	8 N	Mergulhante	0,35	312,37	0,363	458,08 N
Mai/96	0,70	7,2	*	Mergulhante	1,00	612,25	*	*
Jun/96	0,80	7,1	10 S	mergulh/desliza	0,97	799,68	0,509	1841,14 S
Jul/96	0,30	9,2	*	Deslizante	0,65	112,45	*	*
Ago/96	0,45	5,4	20 N	Deslizante	0,70	253,02	0,950	820,90 N
Set/96	0,45	8,3	5 N	Deslizante	0,90	253,02	0,150	221,70 N
Out/96	0,50	6,3	8 N	Desliza/mergulh	0,90	312,37	0,260	134,73 N
Nov/96	0,65	6,8	10 S	Mergulhante	0,75	1055,83	0,510	2191,48 S
Jan/97	0,40	5,6	5 S	Deslizante	0,59	399,84	0,200	330,40 S
P15								
Jan/96	***	***	***	***	0,23	***	***	***
Fev/96	0,30	7,3	10 S	Ascendente	0,95	112,45	0,191	166,26 S
Mar/96	0,90	8,8	*	Ascendente	0,90	1012,09	*	*
Abr/96	1,10	8,0	8 N	Ascendente	0,64	1511,89	0,534	3286,76 N
Mai/96	1,00	7,0	*	Ascendente	0,92	1249,50	*	*
Jun/96	0,80	8,2	7 S	Ascendente	1,00	799,68	0,357	1302,79 S
Jul/96	0,40	7,0	5 S	Desliza/ascend	0,57	199,92	0,694	165,20 S
Ago/96	0,75	5,3	11 N	Deslizante	0,72	828,25	1,230	2022,23 N
Set/96	0,55	10,6	6 N	Mergulh/ascend	0,90	377,97	0,210	438,35 N
Out/96	0,70	9,0	7 N	Desliza/mergulh	0,89	612,25	0,310	932,96 N
Nov/96	0,50	8,0	7 S	Ascendente	1,12	312,37	0,320	402,23 S
Jan/97	**	8,3	**	Ascendente	0,56	**	**	**

P16								
Jan/96	***	***	***	***	0,10	***	***	***
Fev/96	0,30	6,2	*	Deslizan/mergulh	1,03	112,45	*	*
Mar/96	0,55	6,5	10 S	Mergulhante	0,80	377,97	0,472	721,45 S
Abr/96	0,50	6,4	17 N	Mergulh/deslizan	0,70	312,37	0,736	929,46 N
Mai/96	0,65	5,8	8 N	Deslizante	0,82	527,91	0,410	882,99 N
Jun/96	0,80	*	*	Deslizante	1,10	799,68	*	*
Jul/96	maré	bai	xa	Impedia	0,48	Leitura		
Ago/96	0,45	7,7	18 N	Deslizante	0,82	253,02	0,900	750,66 N
Set/96	0,20	—	—	Deslizante	0,92	49,98	—	—
Out/96	***				0,80			
Nov/96	***	***	***		0,72			
Jan/97	***	***	***		0,52			
P17								
Jan/96	0,60	6,8	10 N	Deslizante	0,30	449,82	0,382	896,77 N
Fev/96	0,70	6,4	*	Ascendente	0,97	612,25	*	*
Mar/96	1,05	9,1	10 S	Ascendente	0,75	1377,57	0,653	4342,59 S
Abr/96	1,33	6,2	23 N	Ascendente	0,78	2210,24	1,547	13813,44 N
Mai/96	1,00	5,5	6 S	Ascendente	0,50	1249,50	0,390	1955,39 S
Jun/96	1,50	8,8	8 S	Ascendente	1,25	2811,37		
Jul/96	0,50	7,5	8 S	Ascendente	0,45	312,37	0,978	458,08 S
Ago/96	1,0	5,7	19 N	Ascend/mergulh	0,90	1294,50	2,070	5792,79 N
Set/96	0,95	8,2	12 N	Mergulhante	0,95	1127,67	0,720	3365,06 N
Out/96	0,90	7,6	10 N	Mergulhante	0,75	1012,09	0,570	2471,40 N
Nov/96	0,90	7,0	8 S	Mergulhante	0,80	1012,09	0,490	1991,57 S
Dez/97	0,70	4,4	6 S	Ascendente	0,50	1062,50	0,320	1390,09 S
P18								
Jan/96	0,40	5,5	10 S	Mergulhante**	0,36	199,92	0,255	325,45 S
Fev/96	0,70	5,6	*	Ascendente	1,08	612,25	*	*
Mar/96	1,00	6,5	8 S	Ascendente	0,62	1249,50	0,513	2591,63 S
Abr/96	0,98	6,1	17 N	Ascendente	0,90	1200,02	1,031	5000,09 N
Mai/96	0,65	4,8	10 N	Mergulh/deslizan	0,21	527,91	0,510	1095,73 N
Jun/96	1,50	6,5	12 S	Ascendente	1,20	2811,37	1,136	10541,62 S
Jul/96	0,35	4,5	12 S	Ascendente	0,50	153,06	0,830	277,22 S
Ago/96	1,20	5,0	16 N	Ascendente	0,95	1799,28	2,300	7859,13 N
Set/96	0,65	6,5	4 N	Ascendente	0,99	527,91	0,170	445,86 N
Out/96	0,70	7,9	11 N	Ascendente	0,72	612,25	0,490	1444,16 N
Nov/96	0,60	5,1	7 S	Ascendente	0,85	449,82	0,350	634,74 S
Jan/97	0,60	4,0	10 S	Ascendente	0,46	896,77	0,490	1788,34 S
P19								
Jan/96	2,00	4,8	35 S	Ascendente	1,22	4998,00	3,500	50005,34 S
Fev/96	0,90	5,6	13 S	Ascendente	0,92	719,81	0,738	2261,36 S
Mar/96	2,00	9,5	7 S	Ascendente	0,36	4998,00	0,637	12873,72 S
Abr/96	2,70	8,8	25 N	Ascendente	0,30	9108,85	2,344	86292,78 N
Mai/96	1,80	8,0	10 N	Ascendente	0,15	4048,38	0,850	13981,14 N
Jun/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul/96	1,80	10,3	9 S	Ascendente	0,70	4048,38	1,964	12631,23 S
Ago/96	2,05	5,9	25 N	Ascendente	0,45	5251,02	4,770	43345,31 N
Set/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Out/96	2,00	9,0	16 N	Ascendente	1,08	4998,00	1,970	28183,88 N
Nov/96	2,50	9,2	13 S	Ascendente	0,97	15618,75	1,290	81482,39 S
Dez/97	1,30	6,4	15 S	Ascendente	0,59	4223,31	1,060	18128,56 S
P20								
Jan/96	1,10	7,2	15 S	Mergulhante	0,42	1511,89	1,024	5962,91 S
Fev/96	0,80	6,5	14 S	Mergulhante	0,60	799,68	0,696	2526,99 S
Mar/96	1,15	8,0	8 S	Mergulhante	0,76	1652,46	0,551	3675,96 S
Abr/96	1,70	7,0	18 n	Mergulhante	0,63	3611,05	1,423	21189,00 N
Mai/96	1,50	8,8	12 N	Mergulh/deslizan	1,32	2811,37	0,930	10537,73 N
Jun/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul/96	0,70	8,0	10 S	Deslizan/ascend	0,94	612,25	1,462	1696,29 S
Ago/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Set/96	1,40	8,3	13 S	Mergulhante	0,25	2449,02	1,150	9595,32 S
Out/96	1,10	9,1	13 S	Mergulhante	0,80	1511,89	0,900	5250,74 S
Nov/96	1,80	7,5	22 S	Mergulh/ascend	1,05	4048,38	0,600	28395,62 S
Jan/97	1,30	5,9	13 S	Mergulhante	0,41	4223,31	0,930	18128,56 S

P21								
Jan/96	1,30	11,0	15 S	Mergulh/deslizar	0,50	2111,65	1,211	6788,29 S
Fev/96	0,85	8,4	10 S	Mergulhante	0,55	902,76	0,541	2141,97 S
Mar/96	0,70	9,5	7 S	Mergulh/deslizar	0,53	612,25	0,377	932,97 S
Abr/96	1,70	8,0	15 N	Mergulhante	0,60	3611,05	1,214	17716,53 N
Mai/96	1,10	8,5	8 N	Mergulh/deslizar	1,10	1511,89	0,540	3286,75 N
Jun/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul/96	1,30	8,0	8 S	Deslizar/mergulh	1,15	2111,61	1,091	4994,14 S
Ago/96	1,60	6,9	18 N	Mergulh/ascend	1,30	3198,72	3,230	17899,58 N
Set/96	1,80	7,8	16 S	Deslizar/mergulh	0,77	4048,38	1,780	21657,05 S
Out/96	1,10	10,5	22 S	Mergulhante	0,78	1511,89	1,550	9005,02 S
Nov/96	1,50	9,0	15 S	Merg/desl/ascen	0,70	2811,37	1,140	12951,98 S
Jan/97	0,85	7,0	12 S	Mergulh/deslizar	0,99	2811,37	0,700	7931,22 S
P22								
Jan/96	1,10	12,8	10 N	Mergulh/deslizar	0,20	1511,65	0,701	4078,63 N
Fev/96	0,70	12,7	15 s	Mergulhante	0,75	612,25	0,652	1927,61 S
Mar/96	1,50	10,5	12 S	Mergulhante	1,06	2811,37	0,928	10541,64 S
Abr/96	1,90	9,1	10 N	Mergulhante	0,54	4510,69	0,878	16002,59 N
Mai/96	1,60	10,1	11 N	Mergulhante	1,40	3198,72	0,880	11407,25 N
Jun/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul/96	1,40	14,5	13 N	Deslizante	0,70	2449,02	2,067	9595,32 N
Ago/96	1,95	7,1	20 N	Mergulh/deslizar	1,10	4751,22	4,120	32096,59 N
Set/96	1,80	8,7	18 S	Mergulh/ascend	1,10	4048,38	1,970	24027,96 S
Out/96	1,80	10,4	20 S	Mergulhante	0,80	4048,38	2,150	26276,24 S
Nov/96	1,50	9,0	26 S	Mergulhante	0,90	2811,37	1,800	20412,32 S
Jan/97	1,00	7,8	10 S	Mergulh/deslizar	1,00	2499,00	0,640	6436,43 S
P23								
Jan/96	1,00	9,6	20 S	Mergulhante	0,50	1249,50	1,197	6044,64 S
Fev/96	1,05	6,2	25 S	Deslizante	1,03	1377,57	1,498	9726,42 S
Mar/96	1,50	6,0	20 N	Mergulhante	0,96	2811,37	1,860	27141,77 N
Abr/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Mai/96	1,70	9,8	18 n	Mergulhante	0,40	3198,72	1,380	17899,58 N
Jun/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul/96	1,85	13	12 N	Mergulh/deslizar	0,40	4276,41	2,285	17808,24 N
Ago/96	1,85	5,9	16 N	Mergulhante	0,75	4276,41	3,550	23192,74 N
Set/96	1,80	8,6	6 S	Mergulhante	1,00	4048,38	0,700	8494,40 S
Out/96	1,80	8,8	10 N	Mergulhante	1,05	4048,38	1,150	13980,20 N
Nov/96	1,90	8,0	11 S	Mergulhante	1,15	4510,70	0,960	17522,27 S
P24								
Jan/96	1,10	10,1	15 N	Mergulhante	0,68	1249,50	1,024	6044,64 S
Fev/96	1,30	6,8	20 S	Deslizante	1,08	2111,65	1,211	11648,42 S
Mar/96	1,70	6,0	25 N	Mergulhante	0,80	3611,05	1,860	27141,77 N
Abr/96	2,00	8,50	23 N	Mergulhante	0,42	4998,00	1,897	38301,99 N
Mai/96	1,60	9,8	18 N	Mergulhante	0,58	3198,72	1,380	17899,58 N
Jun/96	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul/96	1,60	13	13 S	Mergulhante	0,50	3198,72	2,210	13398,30 S
Ago/96	1,30	5,9	22 N	Deslizar/mergulh	0,70	2111,61	2,970	12587,90 N
Set/96	2,00	8,9	8 N	Mergulh/deslizar	1,15	4998,00	1,030	14661,15 N
Out/96	1,90	7,1	10 N	Mergulhante	1,10	4510,70	0,850	4706,96 N
Nov/96	1,80	8,0	14 S	Deslizar/mergulh	1,00	4048,38	1,170	19189,32 S

Legenda:

ONDAS: * mudanças dos sentidos de incidência das ondas em função da poucas rugosidades da zona submarina próxima e/ou acompanhando a linha de costa (0°); ** sem zona de surfe; *** sem onda.

ANEXO V Parâmetros estatísticos, segundo Folk e Ward (1957), das areias do berma praial, em phi.

	Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria		Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria
P1				P2			
Jan 96	1.72	0.68	0.11	Jan 96	1.58	0.56	0.01
Fev 96	1.81	0.69	-0.03	Fev 96	0.52	0.72	0.36
Mar 96	7.85	0.63	-0.03	Mar 96	1.69	0.91	-0.04
Abr 96	1.68	0.61	-0.01	Abr 96	1.60	0.79	0.06
Mai 96	1.86	0.50	0.07	Mai 96	1.45	0.75	-0.23
Jun 96	1.85	0.70	-0.11	Jun 96	1.11	0.82	-0.20
Jul 96	2.00	0.70	-0.10	Jul 96	1.72	0.77	0.02
Ago 96	1.49	0.89	-0.06	Ago 96	1.50	0.35	-0.13
Set 96	1.85	0.76	-0.14	Set 96	1.51	0.52	-0.07
Out 96	1.40	0.57	0.04	Out 96	1.70	0.49	0.00
Nov 96	1.23	0.63	0.09	Nov 96	1.63	0.54	0.04
Jan 97	1.75	0.63	0.01	Jan 97	2.06	0.84	-0.19
P3				P4			
Jan 96	1.86	0.51	0.02	Jan 96	1.72	0.69	-0.10
Fev 96	1.61	0.48	-0.01	Fev 96	1.75	0.71	0.09
Mar 96	1.88	0.54	-0.06	Mar 96	2.98	0.44	-0.12
Abr 96	1.72	0.46	0.01	Abr 96	2.21	0.83	-0.07
Mai 96	1.82	0.52	0.06	Mai 96	1.34	0.76	0.00
Jun 96	1.45	0.95	0.02	Jun 96	0.89	1.15	0.03
Jul 96	2.08	0.57	-0.14	Jul 96	1.49	0.67	-0.14
Ago 96	2.00	0.52	-0.08	Ago 96	1.47	0.87	-0.30
Set 96	1.23	0.65	-0.03	Set 96	1.77	0.52	-0.15
Out 96	1.57	0.54	-0.08	Out 96	1.44	0.74	-0.12
Nov 96				Nov 96	1.77	0.64	-0.14
Jan 97	1.58	0.59	-0.01	Jan 97	2.86	0.54	-0.16
P5				P6			
Jan 96	1.78	0.95	-0.16	Jan 96	1.86	0.67	-0.19
Fev 96	1.29	0.87	0.11	Fev 96	1.74	0.60	0.01
Mar 96	1.34	0.98	-0.01	Mar 96	1.86	0.61	-0.05
Abr 96	1.42	1.15	-0.72	Abr 96	1.49	0.82	-0.14
Mai 96	1.17	0.99	0.10	Mai 96	1.75	0.62	-0.16
Jun 96	1.40	1.03	0.10	Jun 96	1.69	0.67	-0.19
Jul 96	1.75	0.92	-0.29	Jul 96	1.76	0.68	-0.20
Ago 96	1.65	0.93	0.23	Ago 96	1.79	0.70	-0.19
Set 96	1.16	0.66	0.13	Set 96	1.75	0.59	-0.14
Out 96	1.27	0.99	0.06	Out 96	2.04	0.67	-0.21
Nov 96	1.41	0.80	0.49	Nov 96	1.83	0.56	0.07
Jan 97	1.31	1.10	0.02	Jan 97	1.47	0.58	-0.12

Legenda:

Diâmetro Médio
 areia muito grossa -1 a 0 phi
 areia grossa 0- 1 phi
 areia média 1 -2 phi
 areia fina 2 - 3 phi
 arei muito fina 3- 4 phi

Desvio Padrão (grau de seleção)
 Pobre a muito pobre >1,0 phi
 Moderado 0,5 a 1,0 phi
 Bom < 0,5 phi

Assimetria
 Simétrico - 0,05 a 0,05
 Assimetria positiva > 0,05
 Assimetria negativa < -0,05

Continuação do ANEXO V...

	Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria		Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria
P7				P8			
Jan 96	2.07	0.99	-0.26	Jan 96	3.13	0.38	-0.01
Fev 96	2.47	0.60	-0.40	Fev 96	3.09	0.38	-0.10
Mar 96	1.91	0.96	-0.26	Mar 96	3.06	0.46	-0.28
Abr 96	2.73	0.62	0.01	Abr 96	1.90	1.11	-0.09
Mai 96	1.71	0.96	-0.14	Mai 96	1.83	1.03	0.05
Jun 96	2.03	0.93	-0.35	Jun 96	2.46	0.94	-0.46
Jul 96	1.84	0.94	-0.27	Jul 96	2.44	0.94	-0.43
Ago 96	1.73	0.90	-0.10	Ago 96	2.88	0.89	-0.48
Set 96	1.68	0.93	-0.06	Set 96	3.00	0.42	-0.05
Out 96	1.37	1.21	0.19	Out 96	3.00	0.44	-0.06
Nov 96	0.48	0.77	0.42	Nov 96	3.07	0.45	-0.14
Jan 97	1.26	1.12	0.39	Jan 97	3.10	0.44	-0.12
P9				P10			
Jan 96	0.55	0.61	0.09	Jan 96	1.23	0.68	0.30
Fev 96	1.14	0.51	0.26	Fev 96	0.94	0.58	0.19
Mar 96	0.97	0.54	0.15	Mar 96	0.92	0.59	0.19
Abr 96	0.86	0.46	0.19	Abr 96	0.81	0.43	0.00
Mai 96	0.82	0.48	0.23	Mai 96	0.80	0.41	0.00
Jun 96	0.97	0.54	0.21	Jun 96	0.82	0.38	0.01
Jul 96	0.84	0.45	0.16	Jul 96	0.69	0.39	-0.02
Ago 96	0.63	0.57	0.07	Ago 96	1.45	0.67	0.20
Set 96	0.87	0.36	0.10	Set 96	0.68	0.43	-0.05
Out 96	0.58	0.43	-0.04	Out 96	1.10	0.67	0.27
Nov 96	0.78	0.52	0.20	Nov 96	0.89	0.55	0.24
Jan 97	0.99	0.52	0.26	Jan 97	0.90	0.62	0.32
P11				P12			
Jan 96	1.98	0.50	0.03	Jan 96	1.89	0.39	-0.02
Fev 96	2.20	0.61	-0.12	Fev 96	1.93	1.44	-0.52
Mar 96	1.98	0.58	0.04	Mar 96	2.69	0.67	-0.09
Abr 96	2.29	0.54	-0.06	Abr 96	2.72	0.78	-0.32
Mai 96	1.99	0.50	0.03	Mai 96	2.57	0.88	-0.39
Jun 96	2.05	0.50	-0.04	Jun 96	2.71	0.69	-0.22
Jul 96	2.13	0.50	-0.22	Jul 96	2.89	0.53	-0.24
Ago 96	1.90	0.68	-0.05	Ago 96	2.92	0.59	-0.34
Set 96	1.39	0.62	-0.26	Set 96	2.99	0.52	-0.31
Out 96	1.31	0.82	-0.26	Out 96	2.57	0.74	-0.34
Nov 96	1.81	0.50	0.01	Nov 96	2.50	0.82	-0.32
Jan 97	1.96	0.60	-0.03	Jan 97	2.67	0.70	-0.22

Legenda:

Diâmetro Médio
 areia muito grossa -1 a 0 phi
 areia grossa 0- 1 phi
 areia média 1 -2 phi
 areia fina 2 - 3 phi
 areia muito fina 3- 4 phi

Desvio Padrão (grau de seleção)
 Pobre a muito pobre >1,0 phi
 Moderado 0,5 a 1,0 phi
 Bom < 0,5 phi

Assimetria
 Simétrico - 0,05 a 0,05
 Assimetria positiva > 0,05
 Assimetria negativa < -0,05

Continuação do ANEXO V...

	Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria		Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria
P13				P14			
Jan 96	2.85	00.52	-0.23	Jan 96	1.99	0.61	0.02
Fev 96	1.82	0.51	0.03	Fev 96	1.97	0.47	0.04
Mar 96	1.93	0.48	0.09	Mar 96	2.13	0.58	0.09
Abr 96	1.78	0.51	-0.14	Abr 96	1.98	0.47	0.01
Mai 96	1.92	0.52	-0.25	Mai 96	2.01	0.49	0.01
Jun 96	1.81	0.48	-0.06	Jun 96	1.92	0.58	-0.12
Jul 96	2.21	0.66	-0.01	Jul 96	2.09	0.50	-0.02
Ago 96	1.97	0.65	0.10	Ago 96	2.02	0.46	0.04
Set 96	1.78	0.50	0.01	Set 96	2.28	0.79	-0.32
Out 96	1.77	0.81	-0.05	Out 96	2.08	0.51	0.02
Nov 96	1.80	0.71	-0.10	Nov 96	1.90	0.59	0.15
Jan 97	1.83	0.69	0.03	Jan 97	3.07	0.54	-0.43
P15				P16			
Jan 96	1.09	0.31	0.07	Jan 96	2.26	0.76	-0.41
Fev 96	1.04	0.32	-0.01	Fev 96	2.33	0.71	-0.39
Mar 96	1.01	0.33	0.04	Mar 96	2.09	0.89	-0.45
Abr 96	1.10	0.31	-0.09	Abr 96	2.38	0.71	-0.35
Mai 96	1.10	0.31	-0.01	Mai 96	1.39	1.09	0.10
Jun 96	1.03	0.35	-0.04	Jun 96	1.63	1.00	-0.20
Jul 96	1.03	0.34	-0.16	Jul 96	1.49	1.00	0.14
Ago 96	0.97	0.38	-0.06	Ago 96	1.41	1.01	0.15
Set 96	1.02	0.36	0.04	Set 96	0.90	1.55	0.09
Out 96	0.93	0.37	0.11	Out 96	1.57	1.08	-0.09
Nov 96	1.10	0.32	0.05	Nov 96	1.55	0.95	-0.02
Jan 97	1.09	0.34	-0.04	Jan 97	1.63	1.02	-0.26
P17				P18			
Jan 96	1.50	0.77	-0.21	Jan 96	1.60	0.56	-0.11
Fev 96	0.76	0.56	-0.27	Fev 96	0.73	0.47	-0.12
Mar 96	1.74	0.59	-0.18	Mar 96	1.63	0.57	-0.12
Abr 96	1.72	0.56	-0.22	Abr 96	1.52	0.54	-0.07
Mai 96	1.61	0.61	-0.13	Mai 96	2.02	0.63	-0.32
Jun 96	1.65	0.59	-0.12	Jun 96	1.75	0.57	-0.12
Jul 96	1.85	0.57	-0.42	Jul 96	1.33	0.75	-0.03
Ago 96	1.49	0.60	-0.14	Ago 96	1.73	0.67	-0.19
Set 96	1.33	0.63	-0.10	Set 96	1.45	0.52	-0.13
Out 96	1.62	0.60	-0.21	Out 96	1.73	0.67	-0.15
Nov 96	1.40	0.83	-0.22	Nov 96	1.58	0.58	-0.17
Jan 97	1.58	0.63	-0.15	Jan 97	1.65	0.58	-0.14

Legenda:

Diâmetro Médio
 areia muito grossa -1 a 0 phi
 areia grossa 0- 1 phi
 areia média 1 -2 phi
 areia fina 2 - 3 phi
 areia muito fina 3- 4 phi

Desvio Padrão (grau de seleção)
 Pobre a muito pobre >1,0 phi
 Moderado 0,5 a 1,0 phi
 Bom < 0,5 phi

Assimetria
 Simétrico - 0,05 a 0,05
 Assimetria positiva > 0,05
 Assimetria negativa < -0,05

Continuação do ANEXO V...

	Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria		Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria
P19				P20			
Jan 96	-1.13	0.50	0.05	Jan 96	0.69	0.82	0.29
Fev 96	-0.54	0.30	-0.26	Fev 96	0.66	0.57	0.20
Mar 96	-0.62	0.49	-0.13	Mar 96	0.48	0.50	0.19
Abr 96	-0.44	0.29	-0.19	Abr 96	0.25	0.83	0.31
Mai 96	-0.44	0.33	-0.14	Mai 96	0.49	0.76	0.13
Jun 96				Jun 96			
Jul 96	-0.68	0.36	-0.06	Jul 96	0.21	0.56	0.15
Ago 96	-0.68	0.28	-0.06	Ago 96			
Set 96				Set 96	0.29	0.41	0.14
Out 96	-1.22	0.45	-0.03	Out 96	-0.04	0.65	0.13
Nov 96	-0.61	0.27	-0.13	Nov 96	-0.82	0.37	-0.05
Jan 97	-0.54	0.37	-0.02	Jan 97	0.38	0.48	0.22
P21				P22			
Jan 96	1.17	0.80	-0.20	Jan 96	1.01	0.60	0.11
Fev 96	1.74	0.44	-0.17	Fev 96	1.44	0.37	-0.12
Mar 96	1.62	0.66	0.03	Mar 96	0.73	0.63	0.06
Abr 96	0.95	0.81	-0.13	Abr 96	0.98	0.60	0.08
Mai 96	1.02	0.51	-0.10	Mai 96	0.67	0.50	0.00
Jun 96				Jun 96			
Jul 96	1.18	0.60	-0.10	Jul 96	0.96	0.50	0.00
Ago 96	0.86	0.71	-0.10	Ago 96	0.67	0.47	-0.02
Set 96	0.91	0.69	-0.09	Set 96	0.39	0.49	-0.01
Out 96	0.86	0.65	-0.08	Out 96	0.83	0.54	0.07
Nov 96	0.90	0.59	0.03	Nov 96	0.64	0.48	0.05
Jan 97	0.82	0.68	0.01	Jan 97	1.12	0.66	-0.13
P23				P24			
Jan 96	0.80	0.46	0.04	Jan 96	0.46	0.63	0.03
Fev 96	0.50	0.52	-0.02	Fev 96	0.57	0.41	0.13
Mar 96	0.40	0.62	-0.02	Mar 96	0.93	0.65	-0.18
Abr 96				Abr 96	0.66	0.68	0.13
Mai 96	1.23	0.68	0.06	Mai 96	0.71	0.68	0.00
Jun 96				Jun 96			
Jul 96	0.71	0.73	0.01	Jul 96	0.61	0.50	0.06
Ago 96	0.88	0.59	0.08	Ago 96	1.04	0.74	0.07
Set 96	0.47	0.85	0.15	Set 96	0.55	0.65	-0.25
Out 96	0.64	0.65	-0.16	Out 96	0.43	0.41	-0.27
Nov 96	0.89	0.54	0.11	Nov 96	0.50	0.53	-0.01
Jan 97				Jan 97			

Legenda:

Diâmetro Médio
 areia muito grossa -1 a 0 phi
 areia grossa 0- 1 phi
 areia média 1 -2 phi
 areia fina 2 - 3 phi
 arei muito fina 3- 4 phi

Desvio Padrão (grau de seleção)
 Pobre a muito pobre >1,0 phi
 Moderado 0,5 a 1,0 phi
 Bom < 0,5 phi

Assimetria
 Simétrico - 0,05 a 0,05
 Assimetria positiva > 0,05
 Assimetria negativa < -0,05

ANEXO VI Parâmetros granulométricos das areias do terraço arenoso sob a antepraia coletadas a 10 e 25 metros do máximo recuo da onda do perfil topográfico transversal da estação 21 (Praia de Comboios). Janeiro de 96

	Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria		Diâmetro médio	Desvio padrão	Assimetria
10 m				25m			
	2.17	0.60	-0.20		2.27	0.49	-0.14
	areia fina	Moderado grau de seleção	P/ lado das areias grossas		areia fina	Bom grau de seleção	P/ lado das areias grossas