

RAFAELA CRISTINE ZEM

DINÂMICA SEDIMENTAR DA BAÍA DE GUARATUBA - PR

Monografia apresentada à disciplina de Estágio Supervisionado I, como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em Pesquisa Oceanográfica do Curso de Graduação em Oceanografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marone

Co-orientador: Profa. Dra. Soraya Maia Patchineelam

Pontal do Paraná

2005

TERMO DE APROVAÇÃO

Rafaela Cristine Zem

“DINÂMICA SEDIMENTAR DA BAÍA DE GUARATUBA - PR.”.

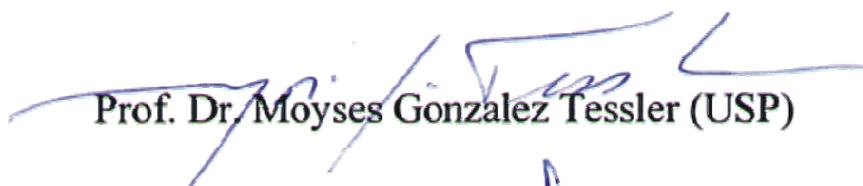
Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



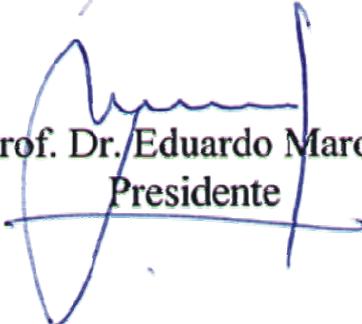
Prof.^ª. Dr.^ª. Soraya Maia Patchineelam (co-orientadora)



Prof. Dr. Rodolfo José Angulo (UFPR)



Prof. Dr. Moyses Gonzalez Tessler (USP)



Prof. Dr. Eduardo Marone
Presidente

Pontal do Paraná, 27 de outubro de 2005.

*Dedico este trabalho a meus pais João e
Lúcia, e irmãos Tissiane e João Ângelo.*

“Vidi factas ex aequore terras”
(Vi a terra ser criada pelo mar)
Ovidio, *Metamorphosis*, XV, 263

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
AGRADECIMENTOS.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
3.1 Limites, localização e acesso.....	5
3.2 Caracterização do litoral do Paraná.....	6
3.2.1 Geologia.....	6
3.2.2 Hidrografia.....	8
3.2.3 Cobertura Vegetal	8
3.3 A Baía de Guaratuba	9
3.3.1 Trabalhos anteriores	9
3.3.2 Caracterização da área de estudo	9
4. MATERIAIS E MÉTODOS	13
4.1 Trabalho de campo	13
4.2 Processamento das amostras em laboratório.....	15
4.3 Tratamento e análise dos dados.....	16
4.3.1 Medidas descritivas.....	16
4.3.1.1 Média do grão (Mz) ou diâmetro médio.....	16
4.3.1.2 Desvio padrão (σ) ou grau de seleção	17
4.3.1.3 Assimetria (Sk1)	17
4.3.1.4 Curtose (K_G)	18
4.3.2 Correção dos dados de profundidade e elaboração do mapa batimétrico	20
4.4 Comparação dos sedimentos de fundo de 2003 com os de 1988/1989.....	21
4.4.1 Padronização dos dados brutos.....	21

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 Batimetria.....	24
5.2 Características dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba.....	28
5.2.1 Diâmetro médio	28
5.2.2 Desvio padrão (σ).....	32
5.2.3 Assimetria (S_{k1})	35
5.2.4 Curtose (K_G).....	37
5.3 Distribuição dos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica	40
5.4. Morfologia e dinâmica de sedimentos da Baía de Guaratuba.....	45
5.5 Modelo de Fácies Estuarina	48
5.5.1 Modelo hidrodinâmico – faciológico para a Baía de Guaratuba.....	52
5.6 Comparação dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba dos levantamentos de 1988/1989 e 2003	56
5.6.1 Diâmetro médio	57
5.6.2 Desvio padrão (σ).....	61
5.6.3 Assimetria (S_{k1})	64
5.6.4 Curtose (K_G).....	65
5.7 Alterações da distribuição dos sedimentos de fundo entre 1988/1989 e 2003	67
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXO I.....	79
ANEXO II.....	85

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 3.1	- MAPA DA REGIÃO COSTEIRA PARANAENSE.....	5
FIGURA 3.2.1	- MAPA GEOLÓGICO DO LITORAL DO PARANÁ.....	7
FIGURA 3.3	- IMAGEM DE SATÉLITE DA BAÍA DE GUARATUBA	10
FIGURA 4.1	- LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DE FUNDO NA BAÍA DE GUARATUBA EM 2003.....	14
FIGURA 4.3.2	- CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE AS MARÉS DA ILHA DA GALHETA E A BAÍA DE GUARATUBA.....	20
FIGURA 4.4.1a	- MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTOS EM 1988/1989	22
FIGURA 4.4.1b	- LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS DE BARBOSA (1991) AJUSTADOS PARA A BASE CARTOGRÁFICA USADA EM 2003.....	23
FIGURA 5.1	- MAPA BATIMÉTRICO DA BAÍA DE GUARATUBA EM 2003.....	25
FIGURA 5.2.1a	- HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS DO DIÂMETRO MÉDIO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA EM 2003.....	28
FIGURA 5.2.1b	- MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO DOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE GUARATUBA DO ANO DE 2003....	29
FIGURA 5.2.2a	- HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DO DESVIO PADRÃO DOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE GUARATUBA EM 2003.....	32
FIGURA 5.2.2b	- MAPA DE DESVIO PADRÃO (GRAU DE SELEÇÃO) DOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE GUARATUBA DO ANO DE 2003.....	33
FIGURA 5.2.3a	- HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DO GRAU DE ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA DO ANO DE 2003.....	36
FIGURA 5.2.3b	- MAPA DE ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA DE 2003.....	36
FIGURA 5.2.4a	- HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DE CURTOSE DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA	

	EM 2003.....	38
FIGURA 5.2.4b	- MAPA DE CURTOSE DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA DE 2003.....	39
FIGURA 5.3	- HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DOS TEORES DE CARBONATO DE CÁLCIO E MATÉRIA ORGÂNICA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA EM 2003.....	40
FIGURA 5.3a	- MAPA DOS TEORES DE CARBONATO DE CÁLCIO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA DO ANO DE 2003.....	42
FIGURA 5.3b	- MAPA DOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA DO ANO DE 2003	44
FIGURA 5.5a	-MODELO HIDRODINÂMICO-FACIOLÓGICO GERAL PARA ESTUÁRIOS SEGUNDO PRITCHARD (1967) E DALRYMPLE <i>et al.</i> (1992).....	49
FIGURA 5.5b	- MODELO HIDRODINÂMICO-FACIOLÓGICO DE ESTUÁRIOS DOMINADOS POR MARÉS SEGUNDO DALRYMPLE <i>et al.</i> (1992).....	51
FIGURA 5.5.1	- COMPARTIMENTAÇÃO HIDRODINÂMICO-FACIOLÓGICA DA BAÍA DE GUARATUBA.....	53
FIGURA 5.6.1	- HISTOGRAMA COMPARATIVO DO DIÂMETRO MÉDIO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DE 1988/1989 E 2003.....	57
FIGURA 5.6.1a	- MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO DOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE GUARATUBA ELABORADO COM OS DADOS DO LEVANTAMENTO DE 1988/1989.....	60
FIGURA 5.6.1b	- MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO DOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE GUARATUBA DO ANO DE 2003.....	60
FIGURA 5.6.2	- HISTOGRAMA COMPARATIVO DAS FREQUÊNCIAS DE DESVIO-PADRÃO (GRAU DE SELEÇÃO) DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DE 1988/1989 E 2003.....	61
FIGURA 5.6.2a	- MAPA DE DESVIO PADRÃO (GRAU DE SELEÇÃO) DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA EM	

1988/1989 (BARBOSA, 1991).....	63
FIGURA 5.6.2b - MAPA DE DESVIO PADRÃO (GRAU DE SELEÇÃO) DOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE GUARATUBA DO ANO DE 2003.....	63
FIGURA 5.6.3 - HISTOGRAMA COMPARATIVO DAS FREQUÊNCIAS DO GRAU DE ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DE 1988/1989 E 2003.....	65
FIGURA 5.6.4 - HISTOGRAMA COMPARATIVO DAS MEDIDAS DE CURTOSE DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE GUARATUBA NOS ANOS DE 1988/1989 E 2003.....	67

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores Dr. Eduardo Marone e Dra. Soraya Maia Patchineelam pela orientação, incentivo, confiança, apoio e, principalmente, paciência.

Ao Prof. Msc. Carlos Roberto Soares pela confiança e oportunidade de participar do grupo de trabalho do LOGEO-CEM (Laboratório de Oceanografia Geológica - Centro de Estudos do Mar).

Aos amigos e companheiros de turma Joaquim P.B.Netto Jr., Pietro Simon Moro pela inestimável ajuda nas campanhas amostrais.

Aos colegas de trabalho Marcelo Lamour, João Carrilho, Lydio Odreski e Fernando Veiga pela paciência, dicas, ensinamentos, confiança, broncas e piadas.

À amiga Guisi de Oliveira pelo carinho, conselhos e companheirismo.

À Nina, minha irmã do coração, por mais esta caminhada.

Às “meninas” Karin, Byanka, Rafaela, Mariana, Tathiana e Daniele, pela amizade, companheirismo, confusões, doidices e risadas.

Aos colegas de Oceanografia turma 2001, e aos guerreiros do CAMar (2001 e 2003) pelo companheirismo e disposição na luta estudantil por um curso melhor.

Aos marinheiros Abrão P. de Campos, Josias T. da Silva e José Serafin, que além de conduzir as embarcações, ajudaram voluntariamente na coleta das amostras.

Aos professores, funcionários e colegas do CEM, que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos lates Club de Caiobá e Guaratuba por concederem a utilização da infraestrutura e serviços durante as campanhas amostrais.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica e suporte financeiro para a realização deste trabalho.

À minha família.

1. INTRODUÇÃO

Estuários são corpos aquosos litorâneos, de circulação mais ou menos restrita, ligados ao oceano. Muitos deles correspondem a desembocaduras fluviais afogadas, como consequência da última transgressão marinha (SUGUIO, 1998). Os estuários são feições efêmeras na escala do tempo geológico, geralmente rasos, influenciados pelas mudanças do nível do mar, o que ocasiona alterações na sua geomorfologia e sedimentação e algumas vezes, sua destruição (DYER, 1996).

Localizados na interface continente-oceano, os estuários apresentam características de ambos, sendo que as principais forças que atuam sobre este sistema são as marés e o aporte fluvial, gerando a circulação estuarina, além da ação subordinada das ondas e dos ventos. Contudo, as combinações e interações destas forças resultam em uma complexa dinâmica de transporte de sedimentos e fluxos de energia (PERILLO, 1996).

De modo geral, as características sedimentológicas de um estuário são determinadas principalmente pela(s) área(s) fonte(s) de sedimentos. Os sedimentos de origem continental, transportados pelos rios, são originados dos processos de intemperismo das rochas, erosão e lixiviação do solo. A composição mineral dos sedimentos depende essencialmente da constituição da rocha-mãe, e a granulometria do material depende principalmente da distância da área fonte e da resistência do mineral ao desgaste provocado pelo atrito durante os processos de transporte (GIANNINI e RICCOMINI, 2000). Já os sedimentos marinhos - transportados pelas correntes marinhas, litorâneas e de maré, provêm geralmente de depósitos de sedimentos relíctos da plataforma continental adjacente, tendo como principal característica a granulometria fina e uma quase perfeita esfericidade dos grãos de quartzo, indicando um longo e intensivo retrabalhamento das partículas (AMADOR, 1992). Além disso, o material sedimentar de origem biológica orgânica e inorgânica como carapaças, esqueletos e fragmentos vegetais provenientes de fontes alóctones (terrestres e marinhas) e autóctones (estuarinas) contribui enormemente na composição do material depositado no fundo dos estuários (GIANNINI e RICCOMINI, 2000).

O ambiente estuarino funciona como ambiente deposicional permanente, e simultaneamente, como exportador de sedimentos, suprimindo os sistemas adjacentes

(as praias e o oceano aberto) de material sedimentar necessário para a estabilidade dos processos físicos naturais. Cada processo pode diferir em intensidade de estuário para estuário, considerando que parâmetros físicos, geológicos, climáticos e antrópicos influenciam diretamente as variáveis que governam esses processos (PERILLO, 1996).

No litoral do Paraná, na região sul do Brasil, estão localizados dois grandes sistemas estuarinos de importância ambiental e econômica para o Estado. O mais extenso é o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), localizado no litoral norte, e o outro, de menores dimensões, é o estuário da Baía de Guaratuba (objeto deste estudo), localizado no litoral sul.

No litoral norte do Estado, os processos de ocupação e desenvolvimento das atividades humanas relacionam-se historicamente à descoberta de ouro em Paranaguá no século XVII, e principalmente à intensificação das atividades nos Porto de Paranaguá e Antonina, a partir do século XX. Somente a partir a década de 1950, com a expansão da malha viária e elétrica, e com o investimento imobiliário de veraneio e da agricultura tecnificada produtiva, é que se iniciou o processo de ocupação e um desenvolvimento econômico mais efetivo na região da Baía de Guaratuba e em outras regiões do litoral paranaense (LIMA e NEGRELLE, 1998).

Em relação ao litoral sul do Estado, muitas obras de engenharia foram realizadas e novas atividades econômicas foram implementadas na região de Guaratuba nestes últimos cem anos, tais como: a construção de centrais hidroelétricas na bacia de drenagem de Guaratuba (Usinas Chaminé e Guaricana); o estabelecimento das agriculturas de banana, na região serrana, e arroz, nas baixadas à montante do estuário; o desenvolvimento do turismo e veraneio com a urbanização da orla adjacente e margens da baía, a construção de marinas de recreio, e mais recentemente, a implementação das atividades de maricultura dentro do estuário (TODESCHINI, 2004; LIMA e NEGRELLE, 1998).

A ocupação humana nas regiões costeiras e o desenvolvimento de suas atividades, em especial ao redor de regiões protegidas como estuários e baías, influenciam direta ou indiretamente os processos de transporte sedimentar, alterando os processos de retroalimentação dos sistemas estuarinos com os sistemas adjacentes. O desflorestamento, implementação de atividades agro-pastoris, mineração, construção de reservatórios de água e usinas hidroelétricas,

com a conseqüente mudança do regime natural de descarga dos rios, e a urbanização das bacias de drenagem e das próprias margens das baías, além de atividades portuárias e obras de engenharia na orla adjacente, alteram o aporte natural de sedimentos e os padrões de circulação de correntes, interferindo na distribuição dos sedimentos na região e, conseqüentemente, alterando a morfologia do estuário e sistemas adjacentes. Tais alterações podem provocar a destruição de ecossistemas importantes para o ambiente estuarino e marinho adjacente, bem como possíveis conflitos sociais relacionados ao uso e ocupação do solo e da coluna d'água.

Esta monografia é um estudo preliminar sobre a dinâmica sedimentar da Baía de Guaratuba, realizado a partir do conhecimento dos padrões de distribuição de sedimentos e da morfologia de fundo, dos processos deposicionais e erosivos e das alterações morfológicas, visando o entendimento da evolução sedimentar deste sistema. Além disso, espera-se que os dados obtidos neste trabalho possam subsidiar estudos futuros, bem como contribuir para a elaboração de um diagnóstico ambiental que permita avaliar a intensidade da pressão antrópica sobre os ecossistemas costeiros do Estado do Paraná, servindo como instrumento para programas de gestão ambiental costeira na prevenção de problemas ambientais graves e potencialmente irreversíveis no estuário e áreas adjacentes.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é caracterizar a dinâmica sedimentar atual da Baía de Guaratuba e assim, contribuir para o conhecimento dos processos sedimentares atuantes na região do estuário nos últimos 15 anos.

Especificamente, este trabalho tem os seguintes objetivos:

1. Construir mapas da morfologia do fundo e dos parâmetros granulométricos da Baía de Guaratuba;
2. Comparar os dados do levantamento de sedimento de fundo atual com os de 1988/1989 gerados por BARBOSA (1991), para identificar possíveis mudanças no padrão de distribuição dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba;
3. Identificar os processos responsáveis por estas mudanças espaço-temporais;
4. Correlacionar os parâmetros granulométricos com os possíveis ambientes de deposição.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Limites, localização e acesso

A Baía de Guaratuba localiza-se na porção meridional da planície costeira do Estado do Paraná, tendo como limites as escarpas da Serra do Mar, a oeste, e o Oceano Atlântico, a leste. A área de estudo engloba o corpo principal da baía, que está delimitada entre os paralelos $25^{\circ} 47' 40''$ e $25^{\circ} 54' 52''$ de latitude Sul e $48^{\circ} 30' 48''$ e $48^{\circ} 44' 27''$ de longitude Oeste (Figura 3.1).

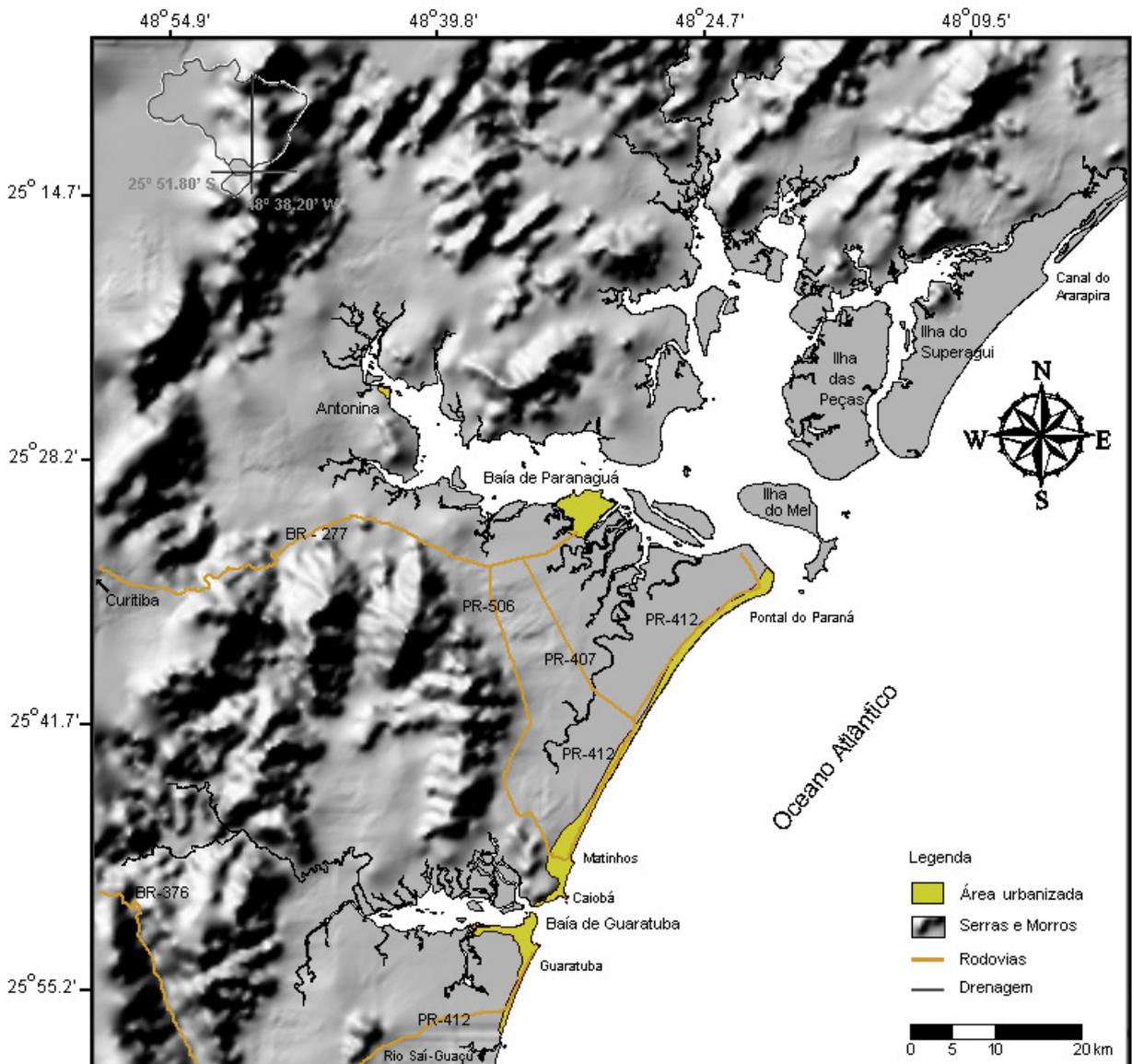


FIGURA 3.1. Mapa da região costeira paranaense com localização e vias de acesso à Baía de Guaratuba.

O acesso rodoviário se dá pela BR-376 (Curitiba - Garuva), seguindo pela PR-412 (Garuva - Guaratuba) ou, ainda, pela BR-277 (Curitiba - Paranaguá) e PR-508 (Alexandra - Matinhos) ou PR - 407 (Paranaguá - Praia de Leste) seguindo pela orla marítima até Caiobá (PR - 412).

3.2 Caracterização do litoral do Paraná

3.2.1 Geologia

A planície costeira paranaense estende-se desde o sopé da Serra do Mar até o Oceano Atlântico, com comprimento de aproximadamente 90km que vai desde o Canal do Ararapira, no limite norte do Estado, até o rio Saí-Guaçú, no extremo sul (Figura 3.1). A largura máxima da planície é de aproximadamente 55 km, na região de Paranaguá. As altitudes são geralmente inferiores a 10m sobre o nível do mar e nos pontos mais interiores atinge 20 m (ANGULO, 1992).

A Serra do Mar constitui a principal fonte de sedimentos para a planície costeira, onde as rochas possuem elevado grau de cristalinidade e são representadas principalmente por migmatitos com intrusões graníticas alcalinas e subalcalinas de idade Pré-Cambriana (3800-570 milhões de anos) (Figura 3.2.1). As rochas são gnaisses biotíticos ou hornblenda-biotita gnaisses ricos em quartzo, contendo esporadicamente muscovita, diopsídio e granada (FUCK *et al.*, 1969).

As unidades sedimentares que ocorrem em superfície na planície costeira possuem duas origens: continental e costeira. Os sedimentos continentais correspondem a leques e cones aluviais, tálus, colúvios e sedimentos fluviais, com idades que vão do Mioceno Inferior ao Holoceno. Os costeiros foram divididos em sedimentos da planície costeira com cordões litorâneos e estuarinos. Em ambos os casos foram discriminados os ambientes atuais e os antigos, formados durante as transgressões e fases regressivas subseqüentes, no Pleistoceno Superior e Holoceno. Os principais ambientes associados à planície com cordões são praias, brejos intercordões e dunas frontais, e os relacionados aos estuarinos, planície de maré, fundos rasos e deltas de maré e sedimentos paleo-estuarinos (ANGULO, 1992).

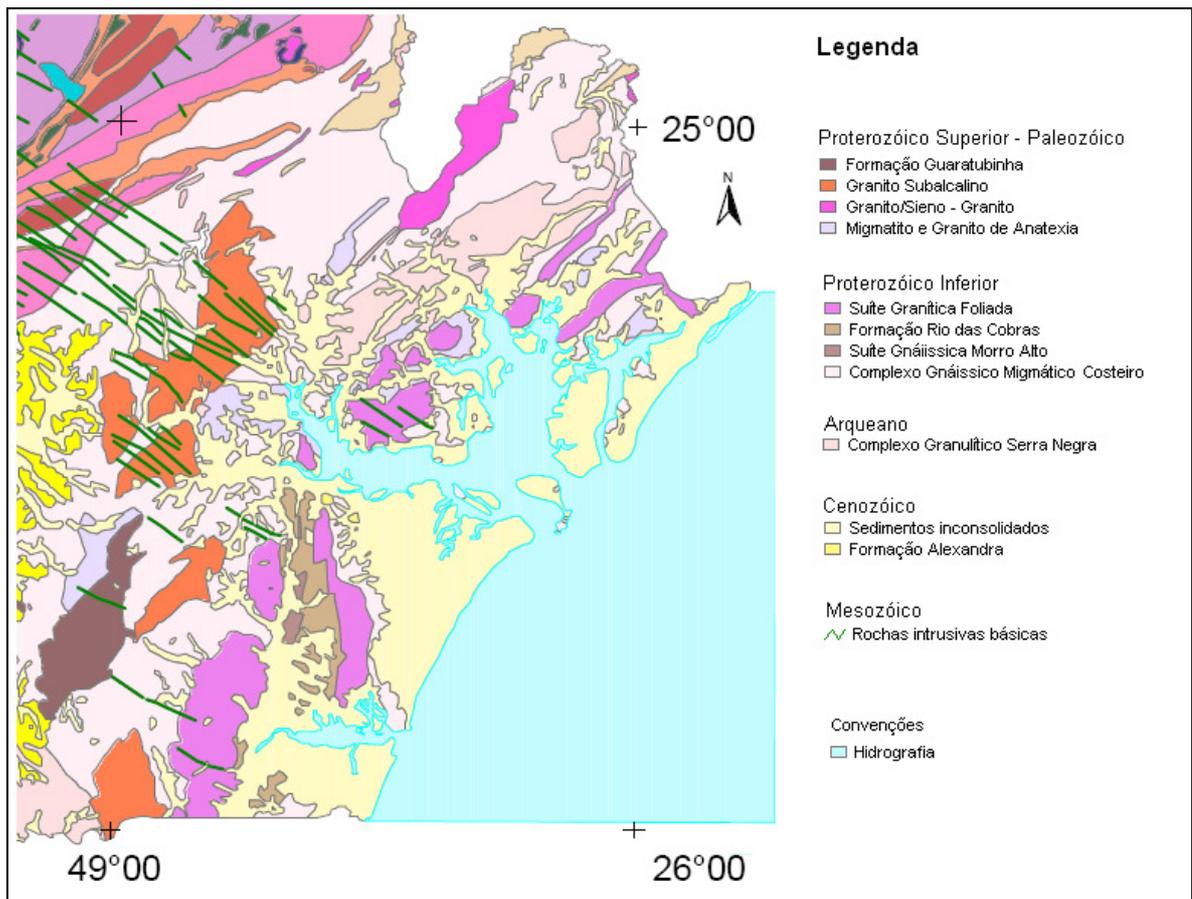


FIGURA 3.2.1. Mapa geológico do litoral do Paraná (Mineropar, 2001)

Segundo SUGUIO *et al.* (1985), toda a faixa litorânea da costa brasileira esteve submetida a oscilações do nível médio do mar, ocorridas durante o Quaternário, sendo as formas cumulativas resultantes representadas por planícies litorâneas arenosas, com estuários e lagunas recortando a costa. No caso da planície costeira paranaense, formaram-se dois terraços marinhos como sistemas de laguna-barreira, que progradaram em pelo menos duas fases, após os dois últimos máximos transgressivos do nível médio do mar. Um no Pleistoceno Superior (há cerca de 120.000 anos), quando o nível médio do mar estaria a + 8,5m (± 2 m), e outro no Holoceno (há cerca de 5.100 anos) a + 2,5m ($\pm 0,5$ m) (LESSA *et al.*, 2000).

3.2.2 Hidrografia

A drenagem do litoral do Paraná é composta por dois compartimentos distintos: a baixada litorânea e a Serra do Mar. Trata-se de um sistema hidrográfico formado por pequenas bacias limitadas pelas Serra do Mar ou serras marginais, onde o relevo é bastante acidentado. A maioria dos rios tem suas nascentes distribuídas na encosta da serra e próximo aos topos, sob forma de riachos ou córregos. Nos períodos de relativa estiagem, poucos dos pequenos cursos de água secam ou diminuem consideravelmente de volume. O sistema de drenagem principal é dendrítico, com origem em profundos vales em V. Nas baixadas, os rios correm em calhas rasas e largas de margens relativamente simétricas e com meandros. (BIGARELLA *et al.*, 1978).

As Serras da Igreja, Canasvieiras e da Prata constituem um divisor separando águas que drenam respectivamente para as baías de Paranaguá e Guaratuba. Algumas vezes as cabeceiras situam-se no reverso do planalto, sendo aí seu gradiente pequeno. Este aumenta quando o curso atinge a frente da escarpa e o rio torna-se “encachoeirado” até atingir os inferiores e a baixada costeira. As bacias desta região constituem importantes reservas de água e representam considerável fonte de energia erosiva potencial, além de alguns rios possuírem potencial hidroelétrico apreciável como, por exemplo, os da bacia hidrográfica de Guaratuba, que são utilizados na geração de energia elétrica pelas usinas de Guaricana (22.500 Kw) e Chaminé (18.000 Kw) (MAACK, 1968 ; BIGARELLA *et al.*, 1978).

3.2.3 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal no litoral do Paraná integra uma das áreas mais bem preservadas da Mata Atlântica Brasileira, com cerca de 75% a 97,6% da área total remanescente (IPARDES,1989). De modo geral, esta região encontra-se razoavelmente preservada devido ao processo de ocupação do estado do Paraná, que mesmo tendo sido colonizado e ocupado a partir do litoral, com a descoberta de ouro em Paranaguá no século XVII, as principais cidades e atividades agro-industriais desenvolveram-se no primeiro planalto e norte do Estado a partir de

meados do século XIX. A economia do litoral voltou a se desenvolver somente a partir da década de 1950, com a criação de balneários, construção de marinas e implementação de infra-estrutura (rodovias e energia elétrica) (LIMA e NEGRELLE, 1998).

3.3 A Baía de Guaratuba

3.3.1 Trabalhos anteriores

Poucos estudos foram realizados na Baía de Guaratuba, tendo como pioneiros os trabalhos de JAKOBI (1953) que estudou parâmetros físico-químicos da baía, SALAMUNI e BIGARELLA (1962) e FUCK *et al.* (1969) que elaboraram as primeiras plantas geológicas da área. BIGARELLA *et al.* (1970) efetuaram uma avaliação sobre um grande deslizamento de massa na margem da baía no ano de 1968, na região da antiga cidade de Guaratuba.

As principais unidades geomorfológicas da região e seus ambientes de sedimentação foram mapeados e interpretados por MARTIN *et al.* (1988) e ANGULO (1992).

Um levantamento preliminar para caracterização da distribuição dos sedimentos do fundo estuarino foi realizado em 1988/1989 por BARBOSA (1991 e 1995). Os estudos mais recentes feitos na área se referem a hidrodinâmica da baía (MARONE *et al.*, 2005) e taxas de sedimentação, a partir de método de datação radiométrica por ^{210}Pb (SANDERS, 2005).

3.3.2 Caracterização da área de estudo

A Baía de Guaratuba pertence ao município de Guaratuba, que possui uma população aproximada de 32.000 habitantes e recebe um importante incremento populacional nos períodos de verão (IBGE, 2005).

As principais atividades realizadas na região litorânea de Guaratuba são o turismo, principalmente a partir da década de 1950, a pesca (industrial, artesanal e esportiva) e mais recentemente, a maricultura. Já na região da bacia hidrográfica de Guaratuba as principais atividades são: o cultivo de banana no sopé da Serra do

Mar, iniciado na década de 1980, sendo atualmente a região de maior produção no Estado com uma área de 3.000 hectares; e o cultivo de arroz nas planícies alagadiças, iniciado em 1965, ocupando atualmente uma área de 420 hectares, além da criação de gado bovino e bubalino, com cerca de 1420 e 780 cabeças, respectivamente (TODESCHINI, 2004; IBGE, 2005).

A Baía de Guaratuba possui uma área de 50,19 Km² e apresenta seu eixo principal orientado no sentido Leste-Oeste (Figura 3.3). A sua comunicação com o Oceano Atlântico é feita por uma única e estreita desembocadura (aproximadamente 500 m de largura), limitada por pontais rochosos do extremo meridional da Serra da Prata, ao norte, e do Morro de Guaratuba ao sul (SOARES *et al.*, 1992). O estuário possui aproximadamente 15 km de comprimento, com profundidades superiores a 20 m na boca (MARONE *et al.*, 2005).



FIGURA 3.3. Imagem de satélite da Baía de Guaratuba obtida pelo sensor TM Landsat 7, no ano de 2000, cedida pelo Laboratório de Oceanografia Costeira de Geoprocessamento do CEM/UFPR.

O estuário recebe as águas da bacia hidrográfica de Guaratuba, que possui uma área de aproximadamente 1.724 Km² e uma densidade de drenagem de 1,87 rios/km². Os dois principais rios receptores de águas são os rios São João e Cubatão, que contribuem com cerca de 80m³/s de água doce para a baía

(NOERNBERG *et al.*, 2004). São rios que possuem curso superior, localizado na área serrana, com fortes declives, vales fortemente encaixados e um padrão de canal retilíneo. O curso inferior, localizado nas planícies, possui geralmente um amplo vale de fundo plano e um padrão de curso meandrante (ANGULO, 1992).

A margem norte da baía contém 2/3 dos rios e canais de maré que deságuam no sistema, além de bancos de gramíneas e bosques de manguezais bem preservados. A margem sul apresenta afluentes de menor porte e é onde se situa a cidade de Guaratuba.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é definido como subtropical úmido mesotérmico com verão quente (Cfa). O regime de ventos é controlado pela influência do Anticiclone do Atlântico Sul e pela passagem de sistemas frontais (MONTEIRO, 1963), com ventos predominantes de ENE, E, ESSE, e SE, com intensidade média de 4m/s. O sistema de brisa na região é bastante relevante, sendo observados valores de até 2m/s nos meses de novembro a março (CAMARGO *et al.*, 1996). A pluviosidade anual média é de 1988 mm, ao nível do mar (estação meteorológica de Guaratuba) e varia entre 2248 mm e 3530 mm na região serrana (TODESCHINI, 2004). A temperatura média do ar varia de 15°C a 28°C, conforme a estação do ano.

Segundo MARONE *et al.* (2005) a principal forçante hidrodinâmica na Baía de Guaratuba é a maré, seguida pela descarga fluvial. Segundo este autor, o regime de marés deste estuário pode ser classificado como de micromarés e semidiurno, com possíveis alterações na média de amplitude devido à ocorrência de eventuais marés meteorológicas associadas a ventos fortes e passagem de sistemas frontais. A onda de maré se propaga na baía seguindo um padrão complexo (estacionária, mista e progressiva). As marés de sizígia alcançam uma amplitude máxima de 1,50 m e em períodos de quadratura atingem até 0,65 m, com incremento de até 30% em direção à montante do estuário (1,6 m na região mediana e 2,0 m na região da cabeceira da baía), podendo ser aumentada em até 0,6 m na ocorrência de ressacas.

Outra característica oceanográfica importante da Baía de Guaratuba é a pronunciada assimetria da maré, com um ciclo de maré vazante mais curto e intenso que o de maré enchente (MARONE *et al.*, 2005). As velocidades das correntes de

maré vazante na porção mediana e na desembocadura da baía chegam, no período de quadratura, a 2,68 m/s e 2,3 m/s, respectivamente (MARONE *et al.*, 2005).

A defasagem da amplitude e fase da maré na Baía de Guaratuba já tinha sido observada por BIGARELLA *et al.* (1978). A amplitude da preamar, encontrada no Riozinho (afluente do rio São João) foi de 30 cm superior à encontrada no late Clube de Guaratuba (próximo à desembocadura da baía), com atraso de 1 hora no momento da preamar.

A Baía de Guaratuba apresenta também uma pronunciada estratificação salina que é intensificada em situações de maré de quadratura e de baixa descarga de água doce no sistema. Já em situações de maré de sizígia e/ou elevada descarga de água doce, os processos de difusão turbulenta se intensificam, resultando em uma coluna d'água menos estratificada com ocorrência de heterogeneidades laterais (NOERNBERG *et al.*, 2004; MARONE *et al.*, 2005).

Os estudos sobre ondas no litoral do Paraná estão restritos a levantamentos realizados pela PORTOBRAS (1983), não havendo dados de ondógrafo permanentemente instalado. Entre os meses de agosto e dezembro de 1982 um ondógrafo, instalado a 13 km da costa, obteve dados de ondas do litoral do Paraná. As ondas incidentes foram predominantemente dos quadrantes ESSE e SE, com altura máxima mensal de 2,3 e 3,9 m e período médio de 11,9 e 16,8 s (PORTOBRÁS, 1983). Por meio de observações visuais diretas GOBBI (1999) concluiu que cerca de 90% das ondas que incidem na costa paranaense chegam dos quadrantes Leste e Sul-Sudeste, e os 10% restantes, de Leste e Nordeste.

Entretanto, dentro da Baía de Guaratuba, o efeito do clima de ondas oceânicas quase não é sentido devido ao amortecimento proporcionado pela presença de barras de espraiamento de um delta de maré vazante à jusante da boca da baía. Segundo BIGARELLA *et al.* (1970), as ondas procedentes do oceano sofrem intensa refração no interior da baía e as ondas geradas no interior do estuário são de pequeno comprimento, não possuindo capacidade suficiente para movimentar o material de fundo, sendo as correntes de maré que desempenham o papel mais importante nos processos sedimentares observados na orla e no fundo da baía.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Trabalho de campo

Para caracterizar os sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba, foram coletadas 144 amostras de sedimentos no corpo principal da área de estudo, aplicando-se uma malha amostral regular assimétrica, com perfis ortogonais ao eixo leste-oeste e eqüidistantes 500 m entre si (Figura 4.1).

A coleta foi realizada utilizando GPS autônomo (*Global Positioning System*), embarcação e dragas mecânicas dos tipos Petite Ponar e Van Veen. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos com volume de 1 litro, identificadas e armazenadas em isopor com gelo para manter a umidade natural dos sedimentos e minimizar os processos de decomposição da matéria orgânica.

Devido a pouca informação batimétrica disponível sobre a Baía de Guaratuba, e pelo fato de que os levantamentos existentes contemplam somente a região da desembocadura e plataforma continental rasa (DHN, 1996), foram efetuadas medições de profundidade, nos mesmos pontos de coleta de sedimento, anotando-se também a hora da amostragem de cada ponto para posterior correção dos dados pela maré.

As campanhas amostrais aconteceram em um mesmo ciclo de maré de quadratura durante o inverno, nos dias 3, 4 e 5 de setembro de 2003. O material coletado foi levado ao laboratório e congelado para posterior análise.

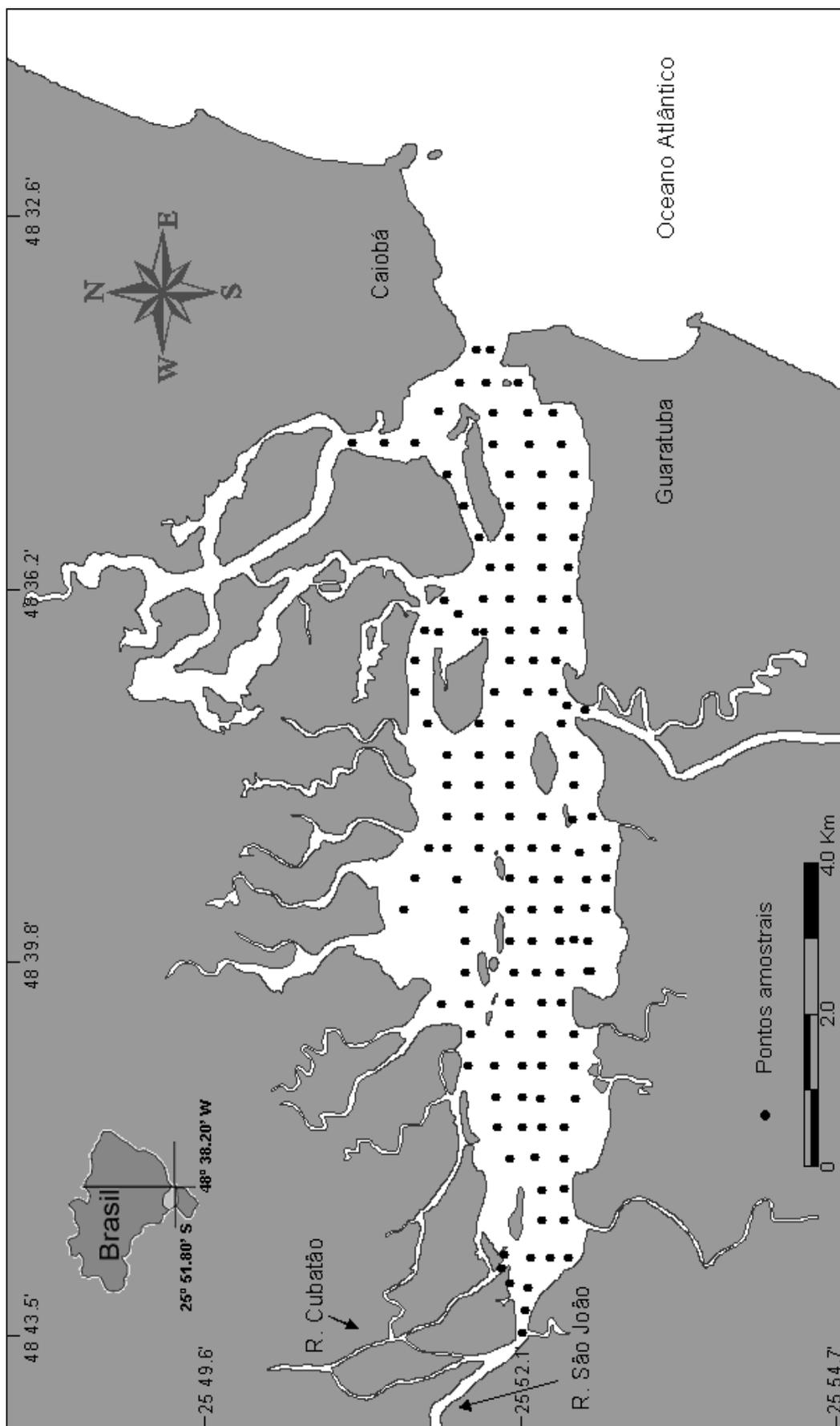


FIGURA 4.1. Localização dos pontos de amostragem dos sedimentos de fundo na Baía de Guaratuba em 2003.

4.2 Processamento das amostras em laboratório

O material coletado foi submetido à análise granulométrica, com determinação das frações finas pelo método da pipetagem e das frações grossas por peneiramento a seco conforme descrito por SUGUIO (1973), com modificações (ZEM *et al.*, 2005). Para todas as amostras admitiu-se um erro inferior a 5%, com repetição do processamento das amostras em que o fator de correção estivesse fora do intervalo de 0,95-1,05, dado pela razão entre o peso inicial e final das amostras.

Os teores de matéria orgânica das amostras de sedimento foram obtidos simultaneamente ao tratamento prévio do material a ser submetido à análise granulométrica propriamente dita (pipetagem dos finos e peneiramento da fração grossa), como descrita por ZEM *et al.* (2005). Desse modo, a determinação do teor orgânico foi realizada por combustão química por peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30% a partir das amostras úmidas (*in natura*). O peso inicial seco (50g) das amostras foi obtido de modo indireto, a partir do cálculo do teor de umidade de uma sub-amostra do sedimento *in natura*. O teor de matéria orgânica foi dado por meio da razão entre o peso seco inicial (obtido pelo cálculo do teor de umidade) antes da queima da matéria orgânica e o peso seco final (pós-eliminação da M.O.).

Os teores de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) foram determinados por ataque químico de ácido clorídrico a 10% (HCL) a uma sub-amostra (10-15g) de sedimento seco. Os teores foram obtidos pela razão entre o peso inicial (antes do ataque por HCL) e peso final (após o ataque por HCL).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Geológica do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná (LOGEO/CEM/UFPR).

4.3 Tratamento e análise dos dados

4.3.1 Medidas descritivas

O uso de descritores estatísticos na análise granulométrica, embasados na curva da distribuição de frequências (curva normal ou gaussiana), tem sido um dos métodos mais simples e eficientes para efetuar uma primeira avaliação deste tipo de dados (DIAS, 2004).

Normalmente, utilizam-se quatro tipos de medidas descritoras: a média do grão (M_z), o desvio padrão (σ), a assimetria (S_k) e a curtose (K_G). As medidas destes parâmetros podem fornecer importantes informações sobre as características dos agentes de transporte e das condições de deposição, bem como da maturidade do sedimento.

Visto que foram utilizados os descritores acima para analisar os sedimentos da Baía de Guaratuba, é importante apresentar a definição dos parâmetros empregados, além de esclarecer que tipo de informação geológica que pode-se obter com a utilização dos mesmos.

4.3.1.1 Média do grão (M_z) ou diâmetro médio

O tamanho médio indica a tendência central ou diâmetro médio do sedimento. Traduzido em termos de disponibilidade de energia, esta medida indica a energia cinética média (velocidade) do agente deposicional. Entretanto, o tamanho médio do sedimento depende também da distribuição de tamanho na fonte de material disponível.

De acordo com FOLK E WARD (1957) a média do grão (M_z) de uma amostra de sedimento pode ser obtida pela equação:

$$M_z = \frac{\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16}}{3}$$

4.3.1.2 Desvio padrão (σ_1) ou grau de seleção

O desvio padrão mede o grau de dispersão ou uniformidade das classes granulométricas em torno da média (SUGUIO, 1973), sendo um indicador qualitativo para descrição do grau de seleção de sedimentos e das flutuações na energia cinética (velocidade) do agente deposicional sobre a velocidade média, como sugerido por FOLK e WARD (1957). Portanto, a seleção possui uma relação inversa aos valores de desvio padrão.

Quando um sedimento é produzido por dois diferentes modos de deposição, como a combinação de carga de tração e carga de suspensão, o desvio padrão indica a diferença de energia cinética associada com estes modos de deposição. Entretanto, se quantidades suficientes de material de diferentes tamanhos não estiverem disponíveis para o agente deposicional, todas as flutuações na velocidade não serão registradas geologicamente. Ademais, a distribuição de tamanho dos grãos na fonte de materiais também controla a seleção de sedimentos por uma certa extensão (FOLK e WARD, 1957). Estes autores observaram, ainda, que existe certa relação entre a granulometria e o grau de selecionamento dos sedimentos, sendo geralmente melhor nas areias e materiais mais grossos do que nos sedimentos finos.

O grau de seleção de uma amostra de sedimento pode ser calculado pela seguinte equação, conforme FOLK e WARD (1957):

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

4.3.1.3 Assimetria (Sk_1)

O grau de assimetria de uma curva indica qual é o afastamento dos valores do diâmetro médio do valor da mediana, sendo seus valores positivos ou negativos, conforme ocorram à esquerda ou à direita da média. Em termos gerais, a medida de assimetria da curva granulométrica descreve o enriquecimento da população em grãos finos ou grossos, que provocam desvios relativos à curva normal, ou seja, estas medidas expressam o enriquecimento da distribuição granulométrica em

partículas grossas ou em partículas finas (FOLK e WARD, 1957; SUGUIO, 1973, DIAS, 2004).

Se a assimetria é negativa, a amostra é assimetricamente grosseira, em que a média está posicionada do lado grosso da mediana. Quando a assimetria é positiva a amostra é descrita como assimetricamente fina (SUGUIO, 1973). Assumindo que suficientes quantidades de material de diferentes tamanhos estão disponíveis, uma assimetria grossa implica que a velocidade do agente deposicional opera com valores mais altos que a velocidade média por um maior período de tempo que o normal, e/ou as flutuações de velocidade rumo a altos valores ocorrem mais freqüentemente que a velocidade média (FOLK e WARD, 1957).

No caso de uma distribuição simétrica, o diâmetro médio e a mediana coincidem, não existindo, portanto, assimetria da distribuição (SUGUIO, 1973).

As medidas de assimetria podem ser calculadas pela seguinte equação, conforme FOLK e WARD (1957):

$$Sk_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16} + 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} - \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

4.3.1.4 Curtose (K_G)

A curtose é convencionalmente considerada como uma medida do pico de uma curva de freqüência, ou seja, uma medida de angulosidade que avalia o comprimento das caudas da curva em relação à curva normal (FOLK e WARD, 1957; DIAS, 2004). A definição de curtose indica que esta é realmente uma medida do coeficiente de seleção dentro dos 90% da distribuição central para selecionar os 50% do centro da distribuição. Por isso, a curtose mede o coeficiente de seleção melhor que a agudez das curvas de freqüência (FOLK e WARD, 1957).

A aplicação das medidas de curtose está relacionada à possibilidade de determinação do tipo de ambiente onde os sedimentos foram depositados e, partindo disso, pode-se chegar aos processos que ocasionaram a deposição. Valores de curtose muito altos ou muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi selecionado em uma região de alta energia e então transportado sem mudança das características para um novo ambiente, onde se misturou com outro

sedimento, em equilíbrio com diferentes condições, possivelmente de baixa energia (SUGUIO, 1973). Em termos práticos, os sedimentos leptocúrticos e extremamente leptocúrticos indicam que há grande movimentação dos sedimentos de fundo, e são característicos de canais e regiões com efetivo transporte de sedimentos junto ao fundo. Sedimentos platicúrticos e muito platicúrticos indicam pouca movimentação dos sedimentos, e caracterizam locais protegidos da ação de correntes vigorosas. E os sedimentos mesocúrticos indicam um nível intermediário de movimentação dos sedimentos, correspondendo a faixas de transição entre áreas maior e menor transporte de sedimentos (BIGARELLA *et al.*, 1978).

De acordo com FOLK e WARD (1957) a curtose (K_G) de uma amostra de sedimento pode ser obtida pela equação:

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44 (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Os parâmetros estatísticos granulométricos (diâmetro médio, desvio-padrão, assimetria e curtose) de todas as amostras de sedimentos coletadas na Baía de Guaratuba, foram determinados a partir das equações de FOLK e WARD (1957) apresentadas acima, com o *software* SysGran 2.4 (CAMARGO, 1999).

Os parâmetros estatísticos calculados foram apresentados por meio de histogramas de frequência e mapas de distribuição, por serem umas das maneiras mais simples e representativas de caracterizar e analisar a distribuição de sedimentos dentro de um ambiente semi-fechado como a Baía de Guaratuba.

Os mapas de contorno dos parâmetros estatísticos granulométricos, bem como dos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba foram elaborados no programa Surfer 8.0 da GOLDEN SOFTWARE INC. (1999) gerando uma malha regular de dados interpolados pelo método de Krigagem linear.

Segundo ANDRIOTTI (2003), a Krigagem é definida como uma técnica de interpolação que pondera os vizinhos do ponto a ser estimado, considerando a relação espacial entre as amostras e obedecendo a critérios de não-tendenciosidade e mínima variância.

4.3.2 Correção dos dados de profundidade e elaboração do mapa batimétrico

Por não existirem dados de amplitude de maré simultâneos às coletas para a Baía de Guaratuba, os valores de correção da profundidade em relação à da maré foram determinados com a aplicação da correlação do momento do produto de Pearson ($\alpha = 0,01$) e regressão linear. Utilizou-se uma série temporal de 100 dias de dados de maré da Baía de Guaratuba, coletados pela Equipe do Grupo de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar (GFM-CEM) a cada 15 min por um sensor de pressão STD (*Salinity, Temperature and Depth*), e uma série temporal, das mesmas datas, de dados de maré da Ilha da Galheta, localizada na desembocadura sul do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (dados obtidos dentro do convênio entre a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina – APPA – e o Centro de Estudos do Mar – CEM).

A análise do momento do produto de Pearson apresentou uma correlação linear positiva ($r = 0,973$ para $\alpha = 0,01$) entre as marés da Baía de Guaratuba e da Ilha da Galheta (Figura 4.3.2).

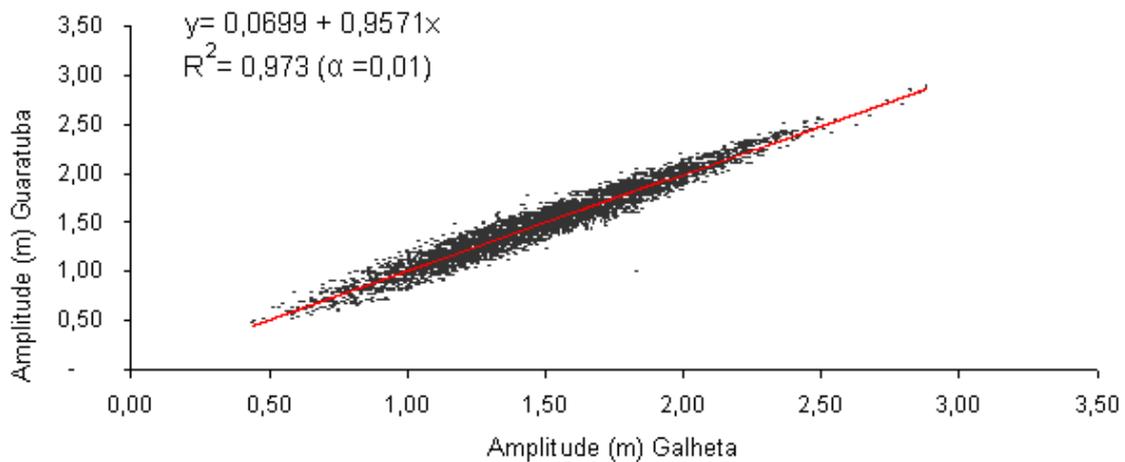


FIGURA 4.3.2. Correlação e regressão linear entre as amplitudes de maré da Ilha da Galheta (desembocadura sul da Baía de Paranaguá) e maré da Baía de Guaratuba (região da boca da baía).

A partir da equação de regressão linear obtiveram-se os valores de amplitude de maré dos dias de coleta e o valor do nível de redução das baixa-mares de sizígia (0,44m), com os quais puderam ser corrigidos os dados de profundidade coletados durante as campanhas amostrais na área de estudo.

Com os dados corrigidos foi elaborado o mapa batimétrico da Baía de Guaratuba, utilizando o método de interpolação de Krigagem Linear disponível no programa SURFER 8.0 da GOLDEN SOFTWARE INC.(1999).

As áreas rasas menores que 1m não abrangidas pelo levantamento batimétrico, foram determinadas a partir do tratamento digital da imagem do sensor TM Landsat 7 (07/05/2000) realizada por NOERNBERG (2003) e gentilmente cedida como uma base digital vetorizada (formato *.dxf*) pelo Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento – CEM/UFPR.

4.4 Comparação dos sedimentos de fundo de 2003 com os de 1988/1989

4.4.1 Padronização dos dados brutos

Para efetuar uma comparação segura das amostragens de sedimentos de fundo realizada por este trabalho (2003) com os de 1988/1989 (BARBOSA,1991), foi feita a padronização dos dados brutos disponíveis, tanto em relação à localização espacial das amostras quanto aos cálculos dos parâmetros estatísticos granulométricos, procurando minimizar os erros sistemáticos que possam ter sido causados durante o processamento e manuseio destes dados.

A localização espacial das amostras coletadas em 2003, bem como a base digital utilizada na elaboração dos mapas, estão vinculadas ao sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversor Mercator*) e datum WGS 1984 (*World Geodetic System*), de maneira que cada ponto analisado tem suas componentes x (Latitude), y (Longitude) e z, sendo esta última correspondente ao parâmetro a ser analisado, como por exemplo, o diâmetro médio.

A localização dos pontos amostrados em 1988/1989 por BARBOSA (1991) foi obtida extraindo-se manualmente as coordenadas do mapa original (Figura 4.4.1a).

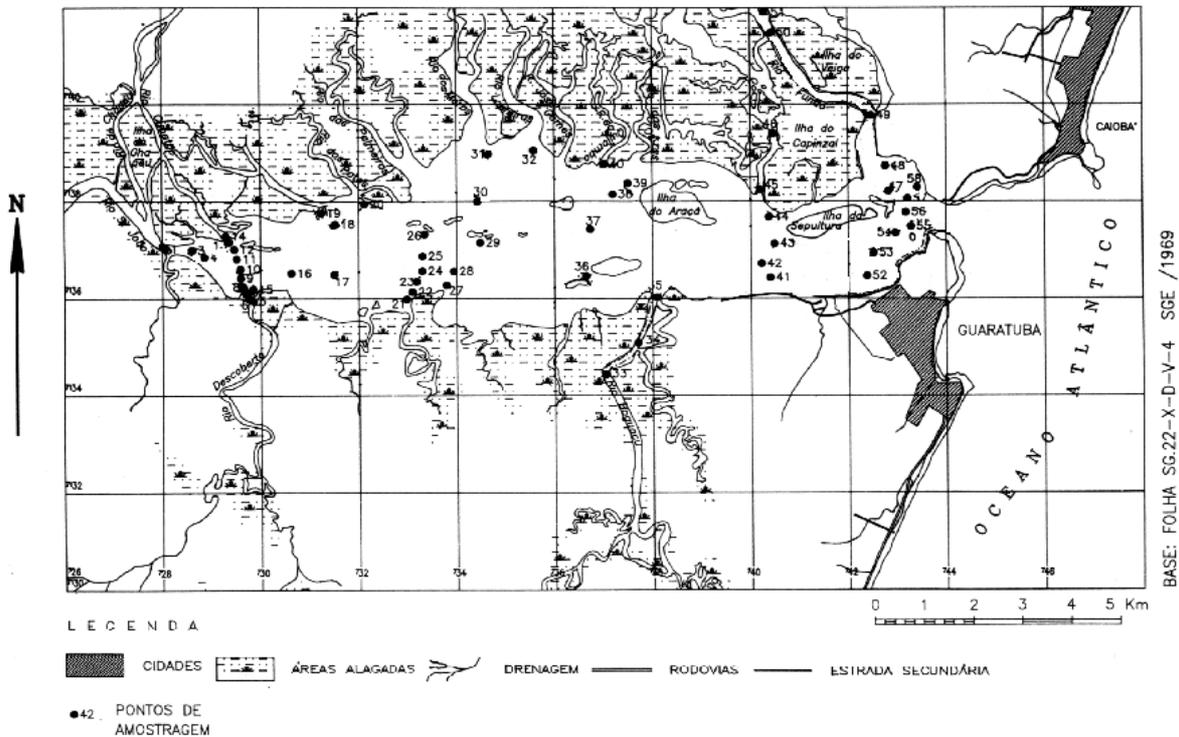


FIGURA 4.4.1a. Pontos de coleta de sedimentos feitos em 1988/1989 por BARBOSA (1991).

O próximo passo consistiu na conversão destas coordenadas, originalmente vinculadas ao datum SAD 69 (*South American Datum -1969*), para o datum WGS 1984, através do programa Geocalc. Este procedimento permitiu plotar os pontos sobre a base cartográfica digital georreferenciada e realizar eventuais ajustes de posicionamento no caso de algum ponto apresentar um excessivo deslocamento em relação a sua correspondente posição no mapa original elaborado BARBOSA (1991) (Figura 4.4.1b).

Em relação ao cálculo dos parâmetros estatísticos granulométricos, optou-se por utilizar os dados brutos de pipetagem e peneiramento do levantamento de 1988/1989 (estes gentilmente cedidos pela autora), visando efetuar o mesmo tratamento estatístico utilizados nas amostras de 2003, através do software SYSGRAN 2.4 (CAMARGO,1999).

Desse modo, todas as informações padronizadas foram organizadas em planilhas numéricas digitais, sendo cada amostra relacionada aos seus respectivos anos de amostragem, identificação e localização espacial, em um formato de fácil

manuseio para que pudesse ser utilizado no programa SURFER 8.0 na geração das matrizes de interpolação pelo método de Krigagem Linear, elaboração dos mapas de contorno e suas posteriores comparações.

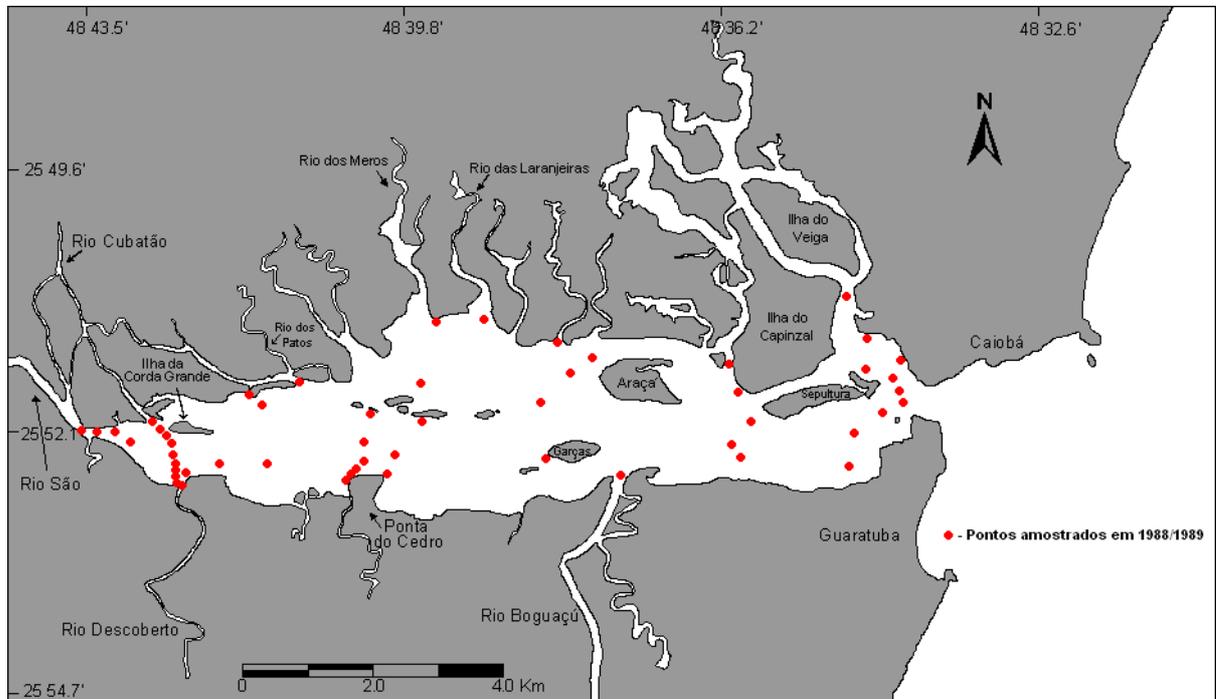


FIGURA 4.4.1b. Localização dos pontos amostrais de BARBOSA (1991) ajustados para a base cartográfica digital usada para as amostras de 2003.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Batimetria

De modo geral, observa-se que a Baía de Guaratuba é um estuário bastante raso, apresentando predominantemente cotas iguais ou inferiores a 2,5 m, que ocorrem geralmente próximas às margens, principalmente nas regiões mediana e interna do sistema (Figura 5.1). Na região interna e mediana, as cotas superiores a 2,5 m são somente encontradas nas proximidades da desembocadura dos rios São João e na área adjacente à foz do Rio Descoberto, e em depressões e curtos canais no setor mediano. Já as profundidades mais expressivas na Baía de Guaratuba são observadas na estreita boca estuarina, onde os valores medidos ultrapassam os 20,0 m de profundidade.

As regiões pouco profundas, de cota inferior a 1,0 m, são observadas principalmente no setor mediano e interno da Baía de Guaratuba. Estes locais rasos ocorrem próximos às margens do estuário na forma de planícies de maré e baixios, que chegam a ficar parcialmente ou totalmente expostos durante a baixa-mar de sizígia.

A margem sul, a leste da foz do Rio Boguaçú e onde se localizam os clubes náuticos e marinas da Cidade de Guaratuba, caracteriza-se por profundidades mínimas de 2,5 m junto à linha de costa que passam rapidamente a 7,5 m e 10,0 m em direção ao eixo central do estuário.

A região mediana-central da baía apresenta baixa profundidade, associada com os sistemas de ilhas localizadas nesta região. Já na região compreendida entre a foz do Rio Boguaçú e a foz do Rio das Ostras, a isóbata de 2,5 m parece definir um limite morfológico para o fundo do estuário, separando-o em duas regiões: a região rasa M1 (sentido Ilha das Garças-montante-oeste) e a região profunda M2 (sentido Ilha das Garças-jusante-leste).

Esta compartimentação morfológica do fundo da baía resulta, provavelmente, de uma circulação estuarina bem definida que reflete a ação conjunta do regime de marés, aporte fluvial e geomorfologia do estuário.

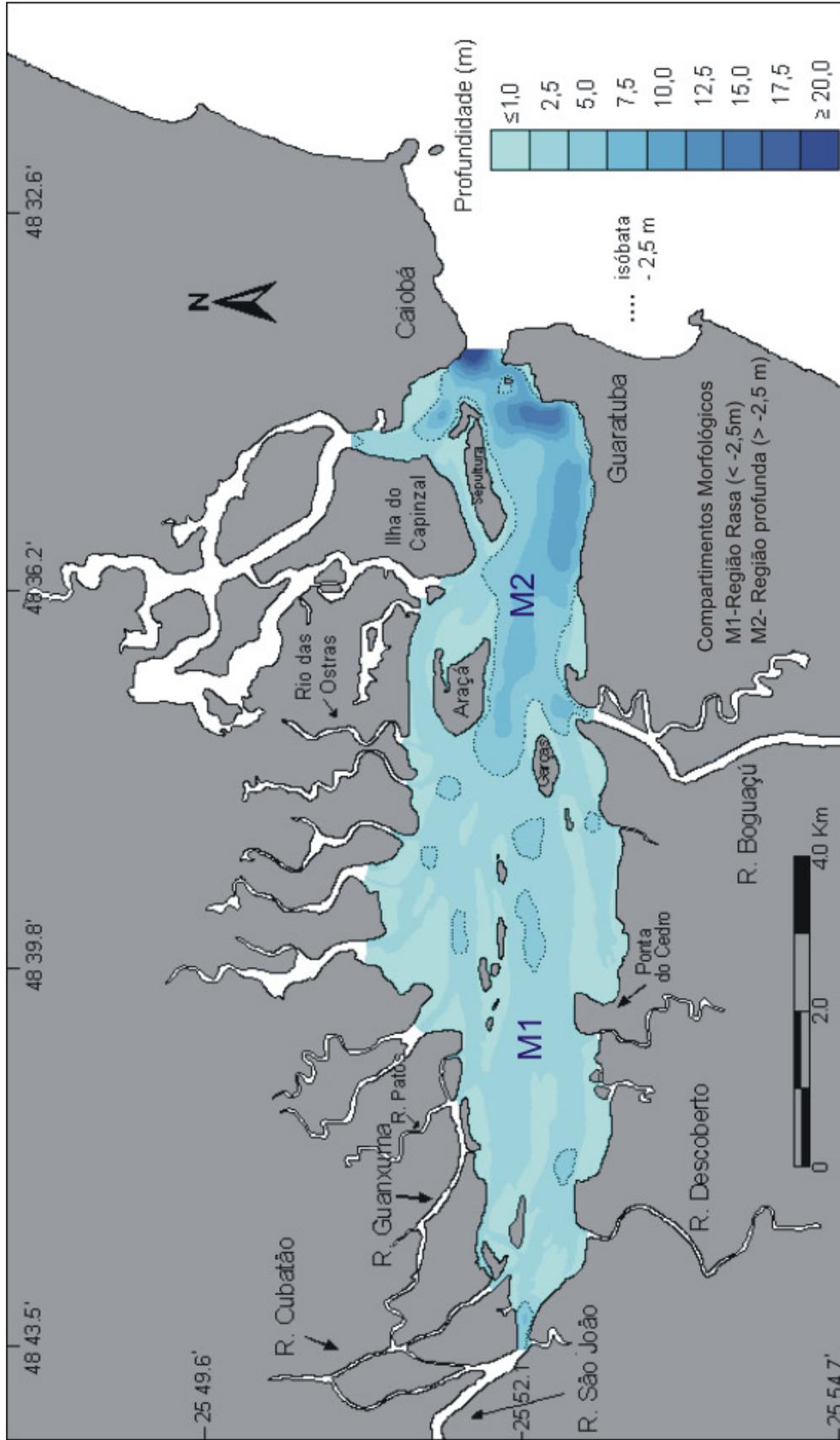


FIGURA 5.1. Mapa batimétrico da Baía de Guaratuba em 2003 com a indicação dos compartimentos morfológicos M1 (região rasa) e M2 (região profunda) definidos pela cota batimétrica de 2,5 m.

Na região rasa M1, possivelmente, as correntes possuem menor intensidade do que à montante (canais fluviais) e à jusante (região profunda M2), podendo estar relacionadas a fatores como o decréscimo do fluxo fluvial em direção à boca do estuário devido ao espalhamento da energia da descarga fluvial dentro de um corpo aquoso muito mais amplo, resultando na deposição da maior parte da sua carga sedimentar próximo à foz dos rios. Também, uma atuação menos intensa e mais dispersa das correntes de maré nas regiões internas da baía, devido ao amortecimento causado pela ampliação do corpo d'água e aumento da superfície de área inter-marés, principalmente a partir da Ilha do Capinzal sentido montante, é esperada baía acima.

Desse modo, na região rasa M1, o padrão de circulação estuarina parece favorecer a manutenção de pequenas profundidades ou, mesmo, caracterizar uma região onde predominam os processos de deposição. Isto pode ser evidenciado pela presença de inúmeras feições deposicionais como planícies de marés, baixios submersos, além do desenvolvimento de inúmeras pequenas ilhas arenosas colonizadas por bosques de manguezais e bancos de gramíneas.

Na região profunda M2, caracterizada por uma morfologia do fundo menos constante que M1, onde as cotas batimétricas passam abruptamente de 2,5 m a >20,0 m, pode-se atribuir como possível fator responsável da morfologia do fundo a variabilidade da intensidade das correntes provocada pelas modificações da propagação da onda de maré ao entrar e sair do estuário, como descrito por MARONE *et al.* (2005).

Na desembocadura da baía, onde ocorrem as maiores profundidades e cuja característica principal é a de ser um local do estuário mais afinado, as correntes de maré desenvolvem maiores velocidades. Isto está relacionado à passagem de todo o volume d'água que entra (prisma de maré) e sai (prisma de maré mais a descarga fluvial) do estuário por uma área muito restrita, fazendo com que as correntes de maré (enchente e vazante) sofram incrementos nas velocidades nessa região. Como consequência, têm-se correntes velozes capazes de erodir o fundo estuarino, distribuir os sedimentos e manter os canais com grandes profundidades.

Da desembocadura em direção à montante, as profundidades vão diminuindo gradativamente, provavelmente devido à tendência das correntes a perderem velocidade e distribuírem sua energia nessa região lateralmente mais

ampla do estuário. O decréscimo da velocidade das correntes pode também estar relacionado ao amortecimento causado pelo fluxo contrário da descarga fluvial e aos processos de mistura das águas continentais e marinhas, bem como pela perda de energia pelo atrito com o fundo raso na área de ampliação da superfície inter-marés.

Na região M2, as correntes de maré são, provavelmente, mais intensas que na região M1, e parecem possuir intensidade suficiente para retrabalhar o fundo e manter os canais livres para escoamento do fluxo. Além disso, esta região parece possuir uma circulação estuarina muito bem desenvolvida, com definição de canais prioritários para influxo de maré enchente, possivelmente pelo canal norte, junto à margem de Caiobá e da Ilha da Sepultura, e o escoamento da maré vazante pelo canal sul, junto à margem da Cidade de Guaratuba.

5.2 Características dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba

Com os dados granulométricos provenientes do levantamento de campo de 2003 (Anexo I), foram elaborados histogramas de frequência e mapas de contorno dos principais parâmetros granulométricos, bem como dos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica dos sedimentos.

5.2.1 Diâmetro médio

A Baía de Guaratuba apresentou predomínio das areias em quase todo o fundo estuarino, conforme pode ser observado nas figuras 5.2.1a e Figura 5.2.1b.

Os sedimentos são compostos predominantemente por areia fina (32%), areia muito fina (28%) e silte grosso (22%). As areias grossas e médias juntas compõem 10% das amostras coletadas e os siltes médios perfazem os 8% restantes (Figura 5.2.1a).

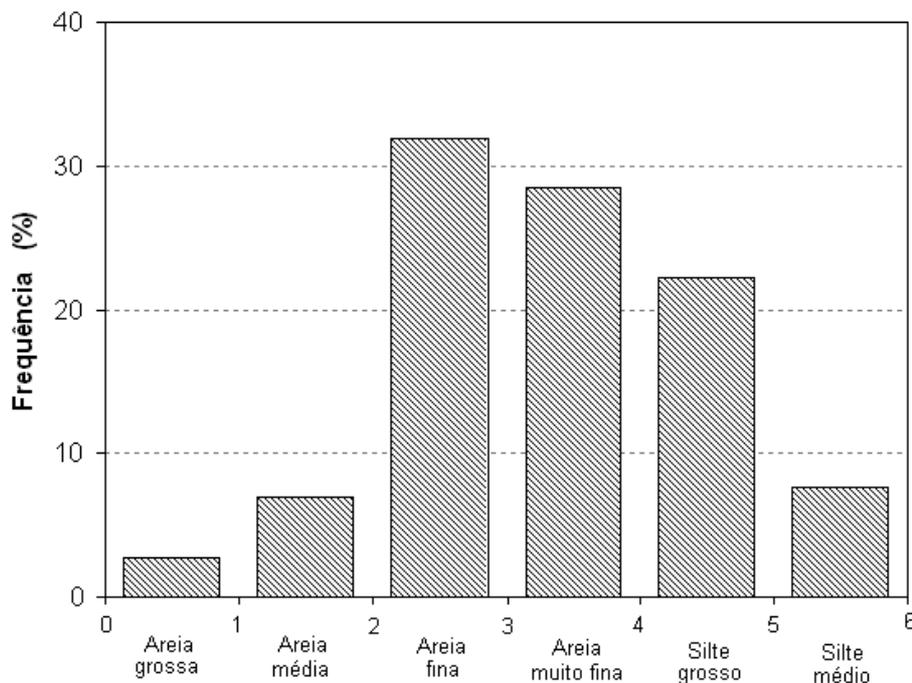


FIGURA 5.2.1a. Histograma de frequências do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba em 2003.

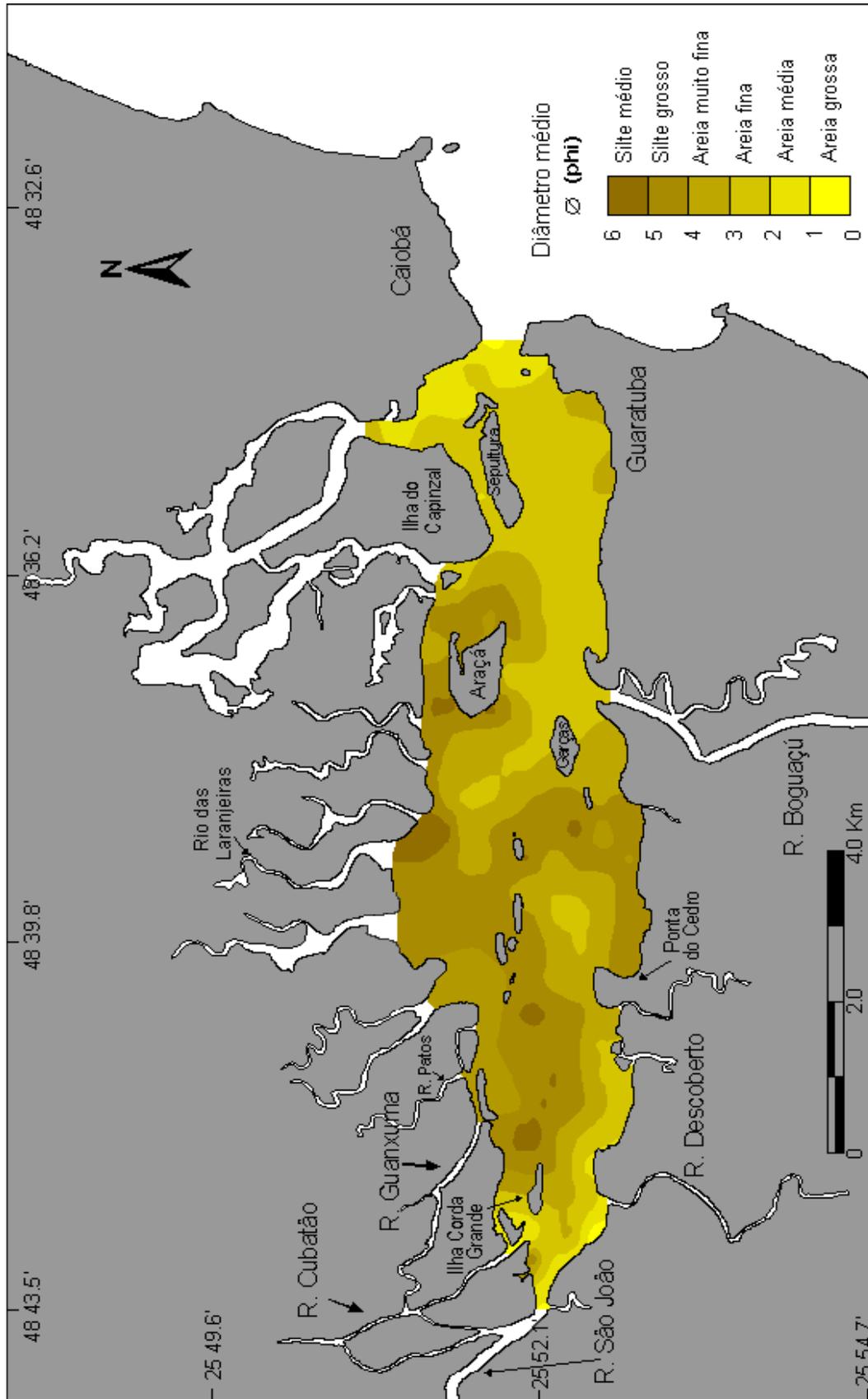


FIGURA 5.2.1b. Mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos da Baía de Guaratuba no ano de 2003.

Areias grossas (0,5Ø) e médias (1,5Ø) ocorrem nas desembocaduras dos rios São João e Cubatão e na região da boca do estuário, caracterizando regiões de alta energia hidrodinâmica. No primeiro caso a hidrodinâmica é influenciada pelo volume de água fluvial e, no segundo, pela elevada velocidade das correntes de maré. Segundo MARONE *et al.* (2005), o afunilamento na boca da Baía de Guaratuba, intensifica as velocidades das correntes de maré que, chegam a atingir valores superiores a 2,0 m/s. Desse modo, a intensidade das correntes nestes setores impede a deposição de sedimentos finos e transporta parte do sedimento de granulometria mais fina que 2,0Ø (areia fina) para áreas adjacentes.

As areias grossas e médias existentes em depósitos na região da desembocadura possivelmente estão associadas a fontes litorâneas próximas e à plataforma continental rasa, sendo transportadas, provavelmente, pelas correntes de maré e de deriva litorânea. Uma indicação disto é a presença de estruturas esqueletais de organismos marinhos que habitam a região costeira ao largo (conchas, fragmentos de conchas e esqueletos coralíneos) encontrados em quantidades representativas nas amostras desta região, contribuindo para o engrossamento dos sedimentos. Parte das areias terrígenas de granulometria mais grossa podem ser o produto da erosão diferencial¹ dos pontais rochosos e lajes submersas de Caiobá e Guaratuba, já que não há nenhuma atual fonte fluvial próxima capaz de contribuir com sedimentos terrígenos de tal granulometria.

A classe areia fina (2,5Ø) predomina no fundo estuarino a partir da região a leste da Ilha das Garças, distribuindo-se até as proximidades da boca da baía, a partir da onde a granulometria dos sedimentos passa para areia média (1,5Ø) e areia grossa (0,5Ø). Segundo MARONE *et al.* (2005) a estreita boca da baía causa assimetria da propagação da onda de maré, formando correntes de maré (enchente e vazante) de alta intensidade. A predominância das areias nesta região, provavelmente, está relacionada à intensificação das correntes de maré devido à assimetria na propagação da onda ao entrar e sair pela boca da baía, dificultando a formação de depósitos lamosos. Além disso, nesta região possivelmente ocorra grande ressuspensão de sedimentos devido ao atrito das correntes de maré com o

¹ erosão diferencial: remoção seletiva de materiais rochosos de zonas costeiras por atuação de ondas, de acordo com a maior ou menor suscetibilidade dos materiais aos agentes naturais (SUGUIO, 1998).

fundo, transportando grande parte dos sedimentos mais finos que 2,5Ø (areia fina) para os setores mais internos do estuário, durante a maré enchente, e para fora do estuário na maré vazante.

As classes de areia muito fina (3,5Ø) e silte grosso (4,5Ø) foram observadas em grande parte dos setores interno e mediano da baía, distribuindo-se do centro até ambas as margens do estuário. O silte grosso (4,5Ø), junto com porções de silte médio (5,5Ø), ocorre desde a Ilha da Corda Grande até as pequenas ilhas localizadas no centro da baía. A classe areia muito fina (3,5Ø) é observada nas proximidades da foz do rio Descoberto, na margem sul, e na região da foz dos rios Guanxuma e dos Patos, na margem norte (Figura 5.2.1b). Ainda nesta região, as areias finas (2,5Ø) ocupam porções da margem da baía, desde as proximidades da foz do Rio São João até a região da Ponta do Cedro, na margem sul, e até a Ilha da Corda Grande, na margem norte e as areias grossas (0,5Ø) e médias (1,5Ø) ocorrem principalmente nas desembocaduras dos rios São João e Cubatão e nas proximidades da desembocadura do Rio Descoberto.

Na região mediana, as classes de areia muito fina (3,5Ø) e silte grosso (4,5Ø) formam a maioria dos depósitos da região, sendo observado somente um depósito de areia fina (2,5Ø) na região a nordeste da Ponta do Cedro. Sedimentos compostos por areia muito fina (3,5Ø) ocorrem principalmente na margem sul, e o silte grosso na margem norte do estuário até as proximidades da Ilha do Capinzal. Ainda neste setor aparece uma faixa de sedimentos finos composta principalmente por silte grosso (4,5Ø) que atravessa o estuário de uma margem à outra.

A ampla distribuição de sedimentos finos nos setores interno e mediano da baía (Figura 5.2.1b) deve estar relacionada ao decréscimo da velocidade das correntes de água doce e de maré, que ao adentrar o sistema perdem progressivamente a capacidade de transportar os sedimentos grossos por arrasto, rolamento e saltação, possibilitando a deposição de sedimentos mais finos, como os siltes e as argilas. O decréscimo das velocidades das correntes ocorre, provavelmente, devido à ampliação efetiva da largura do corpo de água causando um aumento da superfície de área inter-maré. Isto pode ser evidenciado, principalmente na margem norte da baía, pela presença de inúmeros rios e canais de maré, com extensas áreas de manguezal e bancos de gramíneas. Desse modo, a hidrodinâmica parece estar condicionada principalmente pelas correntes de maré,

correntes residuais e as oscilações do nível do mar, tornando-se um ambiente calmo o suficiente e que favorece a deposição dos sedimentos mais finos. Além disso, nesta região o processo de floculação dos finos em suspensão de origem fluvial induzido pela intrusão salina da maré pode estar promovendo a formação de uma zona de máxima turbidez.

5.2.2 Desvio padrão (σ)

A análise deste parâmetro estatístico para os sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba, mostrou, de modo geral, que os sedimentos são predominantemente pobremente selecionados, 54%, seguido por depósitos moderadamente selecionados (19%) e muito pobremente selecionados (17%). Os sedimentos bem selecionados e muito bem selecionados representam juntos, os 10% das amostras restantes (Figura 5.2.2a).

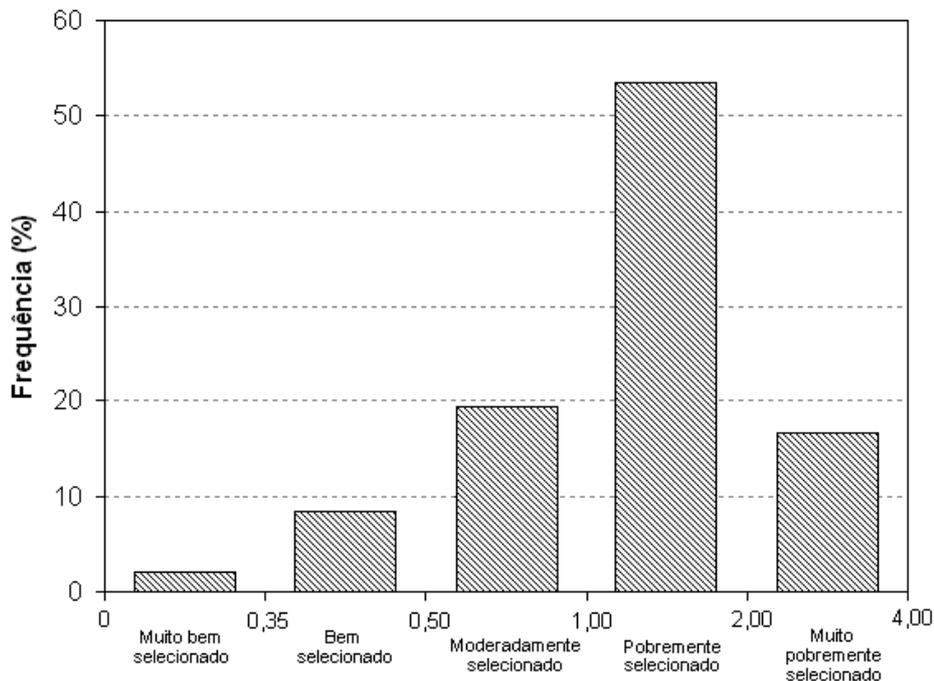


FIGURA 5.2.2a. Histograma de frequência do desvio padrão dos sedimentos da Baía de Guaratuba em 2003.

Nas regiões interna e mediana da baía, bem como toda a área ao redor da Ilha do Araçá, onde ocorreram predominantemente as areias muito finas e siltes, os sedimentos apresentaram-se pobremente selecionados (Figura 5.2.2b).

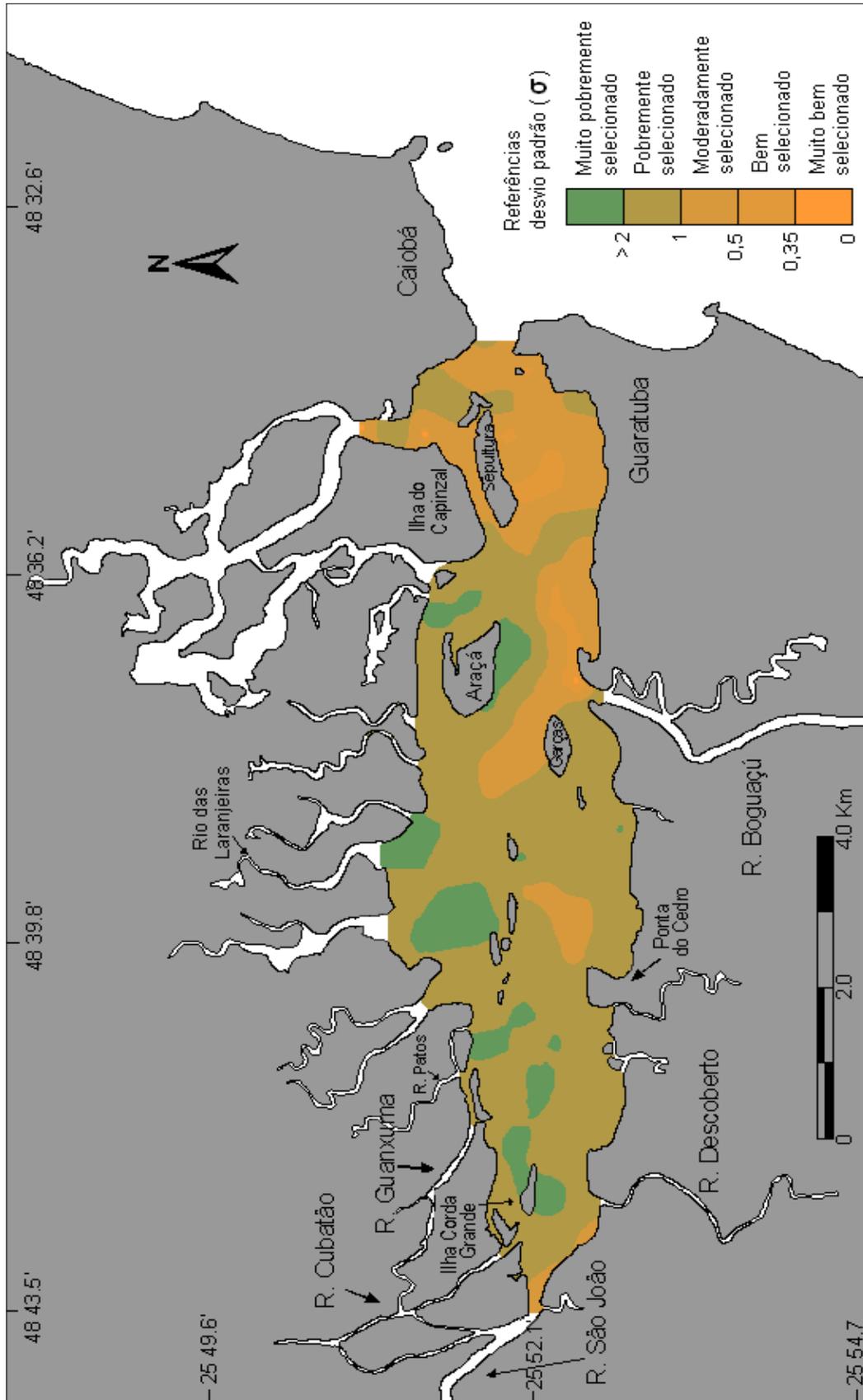


FIGURA 5.2.2b. Mapa do desvio padrão (grau de seleção) dos sedimentos da Baía de Guaratuba do ano de 2003.

Os sedimentos muito pobremente selecionados foram observados principalmente em depósitos de silte, na margem sul destas mesmas regiões, e também nas porções sul e nordeste da Ilha do Araçá. Os sedimentos moderadamente e bem selecionados ocorreram geralmente em depósitos de areias finas, médias e grossas, na forma de bolsões isolados na foz do Rio São João e na sua jusante, junto à linha de costa na margem sul, e na região a nordeste da Ponta do Cedro, desde as proximidades da Ilha das Garças até a região a leste do Rio Boguaçú.

Os depósitos da região próxima à desembocadura são compostos em sua maioria por areias finas bem selecionadas a moderadamente selecionadas, localizados geralmente na região da Ilha da Sepultura até a cidade de Guaratuba. Ainda nesta região da baía, porções de areias muito finas, finas e médias pobremente selecionadas foram observadas na margem sul, bem como na região da Ilha da Sepultura e no canal de maré a leste da Ilha do Capinzal, na margem norte.

Areias finas muito bem selecionadas foram observadas somente nesta região do estuário, sendo localizadas na foz do Rio Boguaçú e no canal de maré a leste da Ilha do Capinzal.

Segundo FOLK e WARD (1957) os sedimentos pobremente selecionados estão relacionados a amplas variações da energia cinética do ambiente, e conseqüentemente a deposição das partículas se dá por mais de um mecanismo ao longo do tempo. Já os sedimentos moderadamente e bem selecionados refletem condições de energia cinética relativamente constantes, ou seja, menor variabilidade ao longo do tempo.

Desse modo, o domínio de sedimentos de granulometria fina (areias finas, muito finas e siltes) pobremente selecionados na Baía de Guaratuba, em especial nas regiões mediana e interna, indica, provavelmente, o predomínio da deposição de sedimentos por tração e saltação (areias) e suspensão (siltes). Estes mecanismos refletem as flutuações da energia cinética no sistema, provavelmente relacionadas às oscilações das marés em suas principais fases das inflexões da maré, momento em que as velocidades das correntes de maré enchente e vazante são máximas; e as estofas da maré (alta e baixa), momentos em que as velocidades das correntes de maré são mínimas.

Nas regiões onde ocorrem sedimentos siltosos, possivelmente há predomínio das condições de baixa energia hidrodinâmica na maior parte do tempo e a atuação de correntes vigorosas durante poucos momentos são suficientes para introduzir partículas de areias naquela população de sedimentos. Analogamente, nas regiões onde ocorrem areias finas e muito finas, curtos períodos de calmaria das correntes podem ser suficientes para flocular e depositar partículas de silte e argila da suspensão.

Já nas regiões onde os sedimentos apresentaram-se arenosos e moderadamente a bem selecionados, como nas regiões da desembocadura do rio São João e em grande porção à jusante da Ilha das Garças, possivelmente haja uma menor flutuação de energia relativa aos fluxos associados (descarga fluvial no primeiro e correntes de maré no segundo caso), resultando principalmente na deposição partículas grossas, indicando o predomínio de deposição por tração e/ou saltação.

5.2.3 Assimetria (S_{ki})

As análises do grau de assimetria dos sedimentos da Baía de Guaratuba mostram que a classificação predominante, em 2003, foi a assimetria muito positiva, caracterizando cerca de 65% das amostras (Figura 5.2.3a). As categorias de assimetria positiva e aproximadamente simétrica apresentaram freqüências iguais a 13%, e os sedimentos de assimetria negativa e muito negativa, ocorreram em 6% e 3% das amostras coletadas, respectivamente.

No mapa de assimetria dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba, observa-se que a categoria de assimetria muito positiva ocupa grande porção área de estudo, ocorrendo principalmente nas regiões interna e mediana da baía, associadas geralmente aos sedimentos de granulometria mais fina (areias finas, muito finas e siltes) (Figura 5.2.3b).

Os sedimentos aproximadamente simétricos (distribuição normal) e assimetricamente negativos (cauda da distribuição no lado das frações grossas) ocorrem de maneira isolada na foz dos rios São João, Cubatão e Descoberto, na cabeceira da baía; na foz do rio das Laranjeiras, na margem norte da baía; em torno da Ilha do Araçá e na região da desembocadura do estuário.

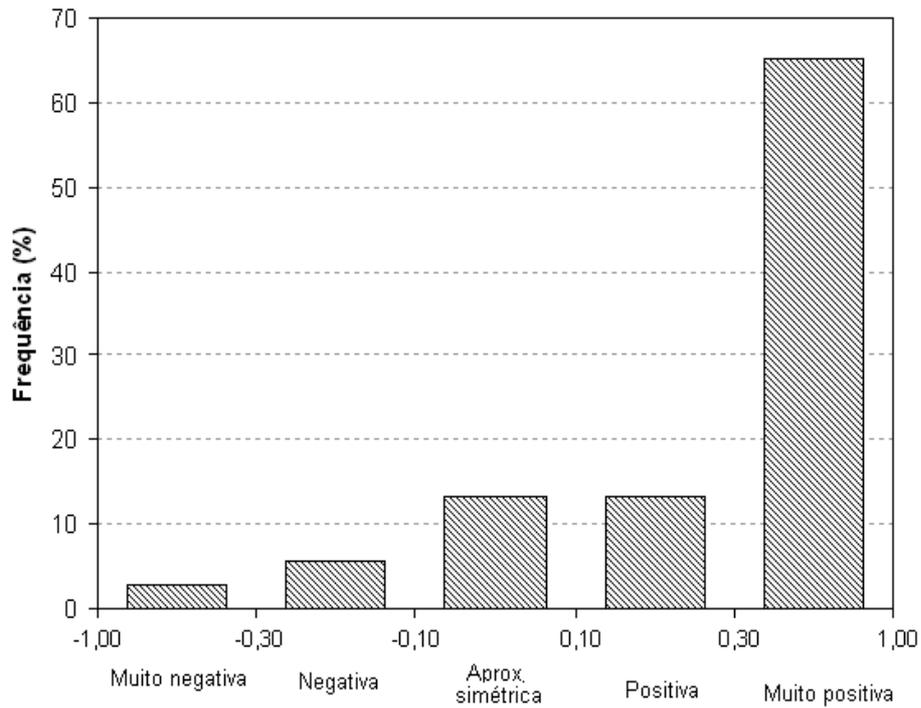


FIGURA 5.2.3a. Histograma de frequência do grau de assimetria dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba do ano de 2003.

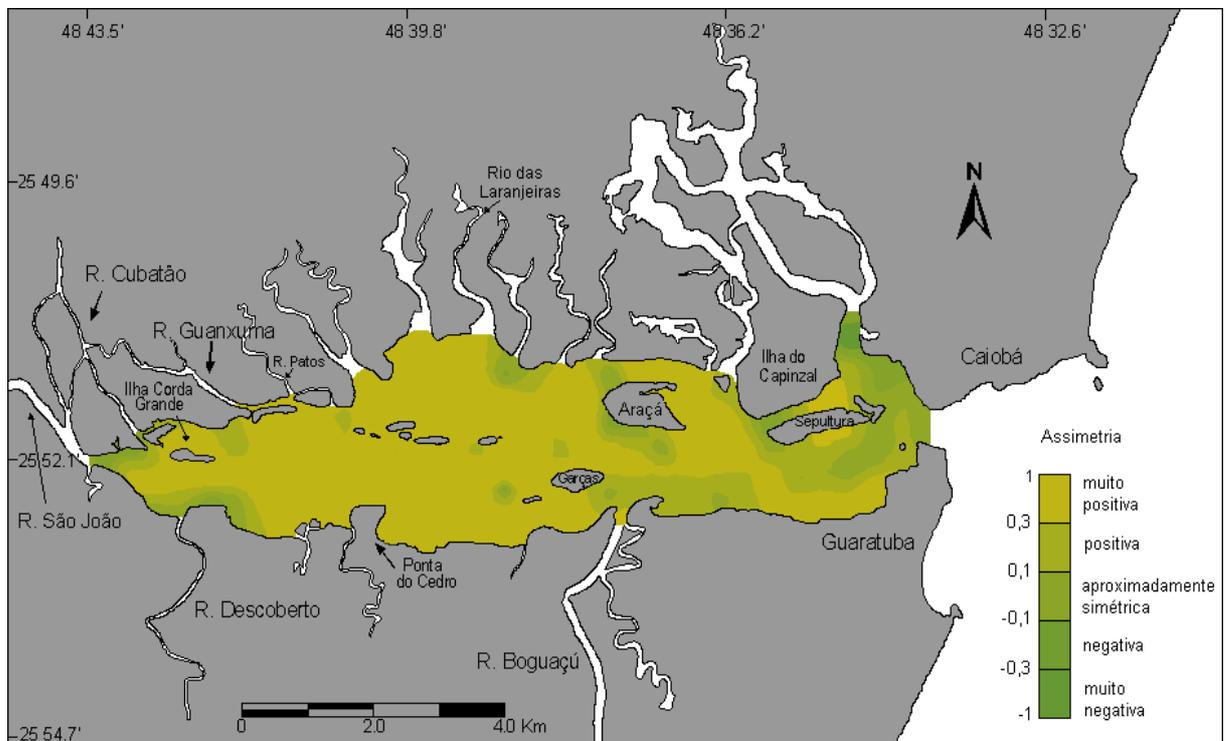


FIGURA 5.2.3b. Mapa de assimetria dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba de 2003.

Os sedimentos de assimetria muito negativa ocorreram somente em uma pequena área do canal de maré localizado a leste da Ilha do Capinzal, local onde predominaram as areias finas e médias, apresentando razoável quantidade de conchas e/ou fragmentos na fração cascalho (16%), contribuindo deste modo para a assimetria muito negativa destes sedimentos.

A predominância de sedimentos assimetricamente muito positivos e positivos pode significar que em grande parte da Baía de Guaratuba, em especial na região interna e mediana, as correntes operam com velocidades mais baixas que a velocidade média por período de tempo maior que o normal. Além disso, parece não haver um selecionamento progressivo dos sedimentos pela ação das correntes, demonstrando o baixo grau de energia existente em extensas áreas da baía e, aparentemente, a incapacidade dos agentes naturais em remover os sedimentos provenientes da descarga fluvial.

Nas poucas regiões em que se observam sedimentos aproximadamente simétricos e assimetricamente negativos, possivelmente as correntes atuem com valores de velocidade acima da velocidade média por maior período de tempo, selecionando os grãos com tendência ao engrossamento dos sedimentos. Isto pode estar relacionado às características hidrodinâmicas peculiares de tais regiões, como as regiões de fluxo unidirecional permanente (foz dos rios) e fluxos bidirecionais das correntes de maré enchente e vazante na região da boca da baía e nos seus canais preferenciais de escoamento.

5.2.4 Curtose (K_G)

A Baía de Guaratuba apresentou, em 2003, sedimentos predominantemente muito leptocúrticos a extremamente leptocúrticos, ocorrendo com freqüências iguais a 27%. As amostras platicúrticas aparecem com 13% de freqüência, e as muito platicúrticas com 8%. As amostras mesocúrticas e leptocúrticas, juntas, perfazem os 25% restantes, cada classe contribuindo com 12,5% (Figura 5.2.4a).

A predominância de sedimentos leptocúrticos e extremamente leptocúrticos indica, de modo geral, que na Baía de Guaratuba há grande movimentação dos sedimentos de fundo.

A presença de sedimentos platicúrticos e muito platicúrticos em algumas regiões da baía significa que são locais onde há pouca movimentação dos sedimentos, que coincidem com baixios, planícies de maré e locais protegidos da ação de correntes mais intensas.

As áreas caracterizadas por sedimentos mesocúrticos correspondem a um nível intermediário de movimentação dos sedimentos, correspondendo a faixas de transição entre áreas maior e menor transporte de sedimentos.

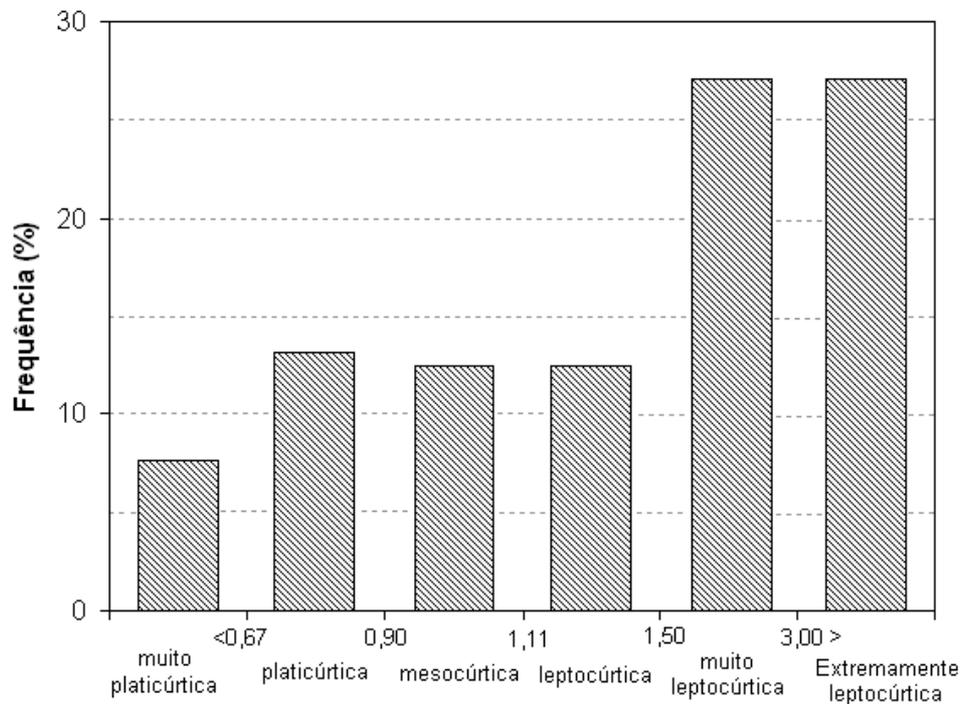


FIGURA 5.2.4a. Histograma de freqüência de curtose dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba em 2003.

Os sedimentos muito leptocúrticos a extremamente leptocúrticos ocorreram como depósitos fragmentados, mas de maneira bastante disseminada no estuário (Figura 5.2.4b). Na região interna e mediana, estes sedimentos ocorreram em quase toda a margem da baía, com os sedimentos extremamente leptocúrticos localizando-se principalmente na região da Ponta do Cedro e ao sul da Ilha das Garças, na margem sul, bem como na região da foz dos rios Guanxuma e dos Patos e na porção oeste à Ilha do Araçá, na margem norte. Estes tipos de depósitos indicam

que há grande movimentação dos sedimentos de fundo, sugerindo a existência de canais naturais ou faixas de movimentação de sedimentos.

Os sedimentos mesocúrticos apresentaram-se em pequenas áreas da região interna, essencialmente na foz do Rio São João e em pequenos depósitos junto a sedimentos platicúrticos, entre a Ilha da Corda Grande e as pequenas ilhas centrais do estuário. Na região mediana, foram observadas porções de sedimentos mesocúrticos a oeste da Ilha das Garças, noroeste e nordeste da Ilha do Araçá e nas proximidades da foz do Rio Boguaçu e ao sul e nordeste da Ilha da Sepultura, indicando ser esta uma região sujeita a um regime hidrodinâmico de transição entre baixa e alta energia.

Os sedimentos muito platicúrticos a platicúrticos ocorreram nas regiões interna e mediana–central da baía, próxima à boca do estuário, localizando-se na foz do Rio das Laranjeiras e na região de Caiobá, ambos na margem norte da Baía. Estes depósitos caracterizam locais em que há pouca movimentação dos sedimentos de fundo, indicando o predomínio de baixa energia hidrodinâmica e deposição de sedimentos da suspensão.

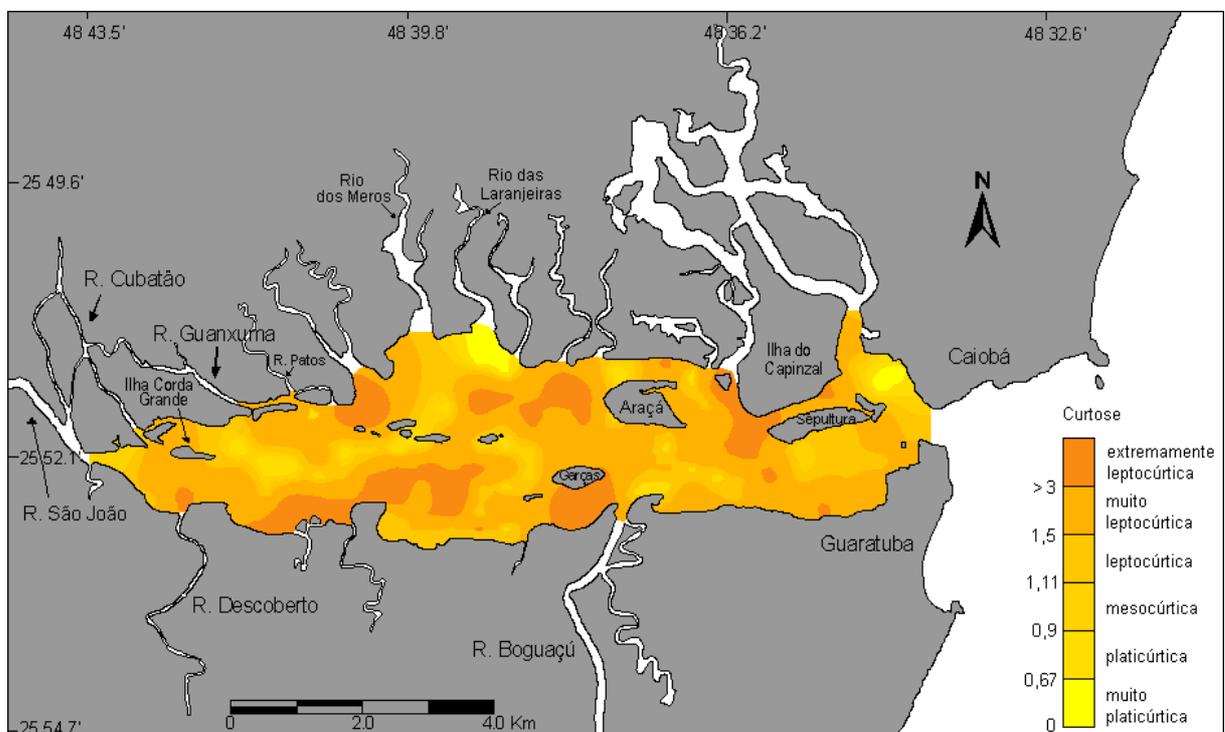


FIGURA 5.2.4b. Mapa de curtose dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba de 2003.

5.3 Distribuição dos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica

A maioria das amostras coletadas, 51%, possui teores de carbonato de cálcio menores que 5%. Aproximadamente 40% das amostras apresentaram teores de carbonato de cálcio no intervalo de 5% a 10% e, 7% continham teores entre 10% e 15%. O restante das amostras (2%) apresentou teores acima de 15%, com teor máximo de 21% (Figura 5.3).

Em relação ao conteúdo orgânico dos sedimentos da Baía de Guaratuba, aproximadamente 47% das amostras apresentaram teores de matéria orgânica menores que 5% e cerca de 7% possuiu teores maiores que 15%, sendo que o teor máximo encontrado de foi de 30,2%. A frequência de amostras com teores de matéria orgânica nos intervalos de 5% a 10% e 10% a 15% foi de 30% e 16%, respectivamente. O restante das amostras (7%) apresentou teores maiores que 15%, sendo de 30,2% o valor máximo encontrado (Figura 5.3).

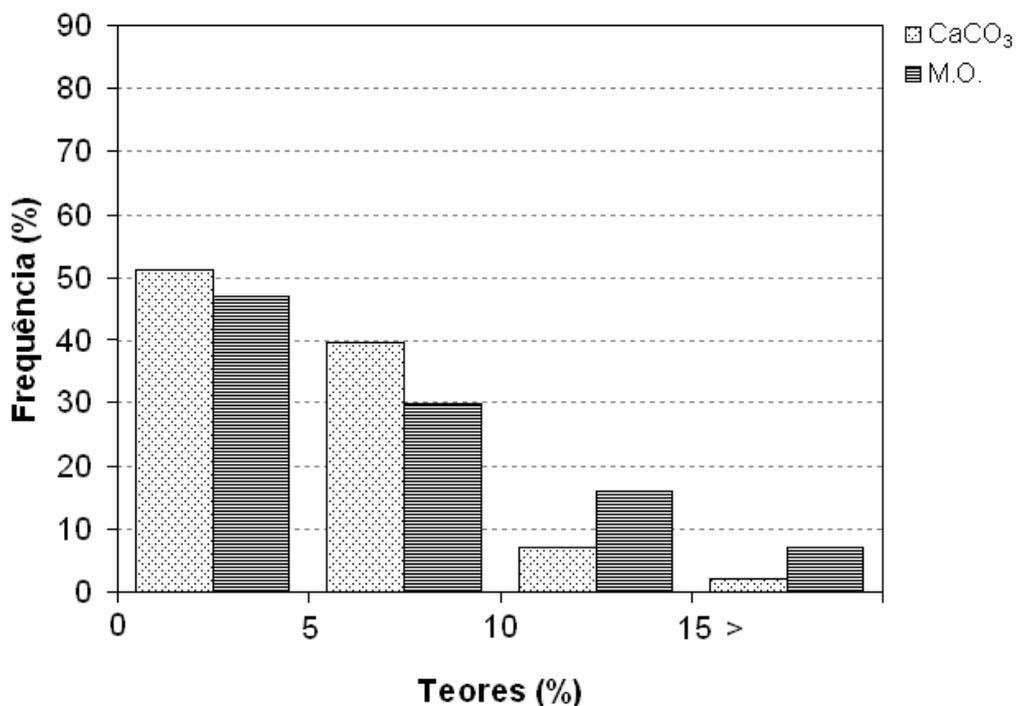


FIGURA 5.3 Histograma de frequência dos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba em 2003.

Os teores de carbonato de cálcio entre 0% e 5% predominaram nos sedimentos arenosos, ocorrendo principalmente na cabeceira da baía (foz dos rios São João e Cubatão) e na porção centro-sul da região interna e em grande parte da região mediana. Estes teores também foram observados ao norte da Ilha do Araçá e em quase toda a margem sul da região da cidade de Guaratuba (Figura 5.3a).

Os menores teores de carbonato de cálcio (entre 0% e 2,5%) ocorreram em pequenos depósitos dispersos na baía, localizados na foz do Rio São João, ao sul da foz dos rios Guanxuma e dos Patos, nas proximidades da Ponta do Cedro e desembocadura do rio Boguaçú.

Os sedimentos com os maiores teores de carbonato de cálcio (acima de 10%) foram observados em grandes porções da margem norte da baía, junto a sedimentos areno-lodosos, da Ilha da Corda Grande até a foz do Rio dos Meros, e junto às areias finas e médias na região de Caiobá. Estes teores também ocorreram nas areias grossas da desembocadura da baía e nas areias finas ao sul da Ilha das Garças e a sudeste da Ilha do Araçá (Figura 5.3a).

Em regiões estuarinas, a produção de carbonato de cálcio está geralmente associada a sedimentos biogênicos, sendo os seus representantes mais significativos as carapaças de foraminíferos e microalgas que ocorrem geralmente junto às lamas, e conchas e/ou fragmentos de conchas de gastrópodes, bivalves e ostrácodes que são distribuídos no ambiente na forma de cascalhos e areias (PONZI, 2004).

Os altos teores de carbonato de cálcio encontrados nas areias do canal de maré a leste da Ilha do Capinzal mostraram-se, de maneira geral, relacionados com a presença de conchas inteiras e fragmentos de conchas. Isto possivelmente ocorre devido à variação da energia hidrodinâmica do canal, que nos momentos de maior energia pode transportar o material biodetrítico junto das areias clásticas como carga de fundo. Já os altos teores de carbonato de cálcio evidenciados em alguns depósitos de areias muito finas e siltes na margem norte dos setores interno e mediano, podem ser provenientes tanto de carapaças de microrganismos microalgas e foraminíferos, quanto de conchas e fragmentos de conchas de moluscos da infauna local, especialmente dos bivalves *Anomalocardia brasiliana* e *Mytella sp.* - observados em várias das amostras coletadas e que são típicos habitantes dos fundos areno-lodosos de estuários do sul do Brasil (RIOS, 1995).

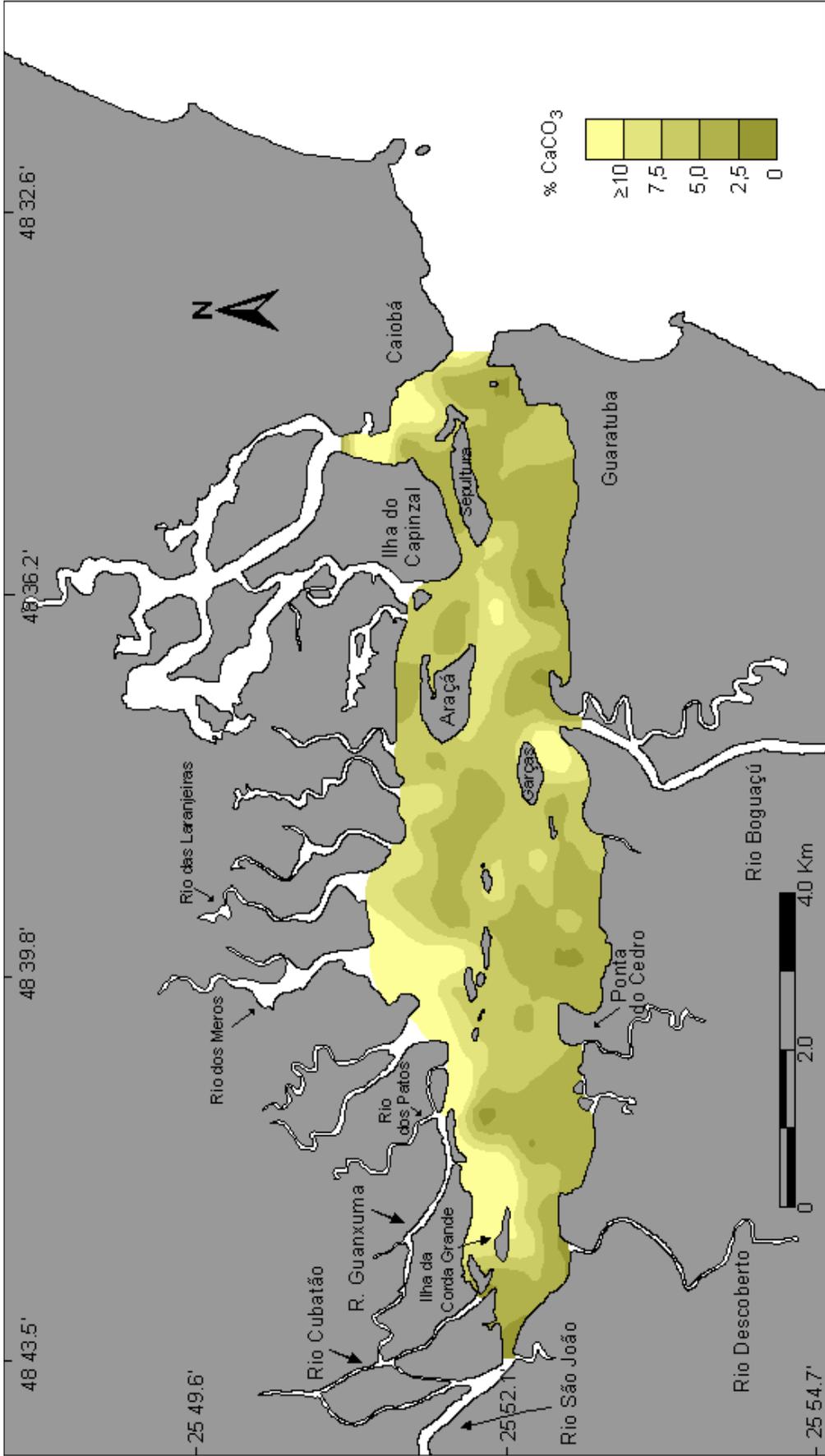


FIGURA 5.3a. Mapa dos teores de carbonato de cálcio dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba do ano de 2003.

De modo geral, a distribuição da matéria orgânica nos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba segue os padrões de distribuição das classes granulométricas mais finas (siltes e argilas). Isto ocorre principalmente pela afinidade elétrica entre as partículas orgânicas coloidais e os minerais de silte e argila (COIMBRA, 1991). Além disso, a presença da matéria orgânica em depósitos de sedimento influencia no grau de coesão entre as partículas, sendo maior a coesão em sedimentos com elevados teores de matéria orgânica, dificultando a ação erosiva das correntes.

De acordo com o padrão geral, os maiores teores de matéria orgânica são encontrados na margem norte das regiões interna e mediana associados aos sedimentos siltosos e arenosos muito finos. Os menores teores foram observados em locais de maior energia hidrodinâmica como nas areias grossas e médias e finas da margem sul do setor interno, e em praticamente toda a região próxima à desembocadura da baía, compreendida entre Ilha das Garças até a boca propriamente dita (Figura 5.3b).

Na região interna, os sedimentos com teores de matéria orgânica entre 0% a 5% foram encontrados desde as desembocaduras dos rios Cubatão e São João (0,07%) até a região a leste da foz do Rio Descoberto (1,5%), assim como a oeste da Ponta do Cedro, e na foz dos rios Guanxuma e dos Patos (3,6%). Na região mediana, estes teores ocorreram a leste, próximo à Ponta do Cedro, e ao sul da Ilha das Garças, na margem sul, e a sudoeste da Ilha do Araçá, na margem norte.

Os teores de matéria orgânica acima de 15% foram encontrados, principalmente, em sedimentos da região entre a Ilha da Corda Grande e a foz do rio Guanxuma e na porção centro-sul da região interna. Na região mediana estes teores foram observados na porção a oeste da Ilha das Garças e na região próxima à desembocadura do Rio das Laranjeiras (Figura 5.3b).

Os teores menores que 5% predominam nos sedimentos da região da desembocadura da baía, compreendida entre a foz do rio Boguaçú e a boca propriamente dita. Os teores entre 0% e 2,5% ocorrem próximos à foz do rio Boguaçú, nos arredores da Ilha da Sepultura, no canal a leste da Ilha do Capinzal e na margem sul da boca da baía.

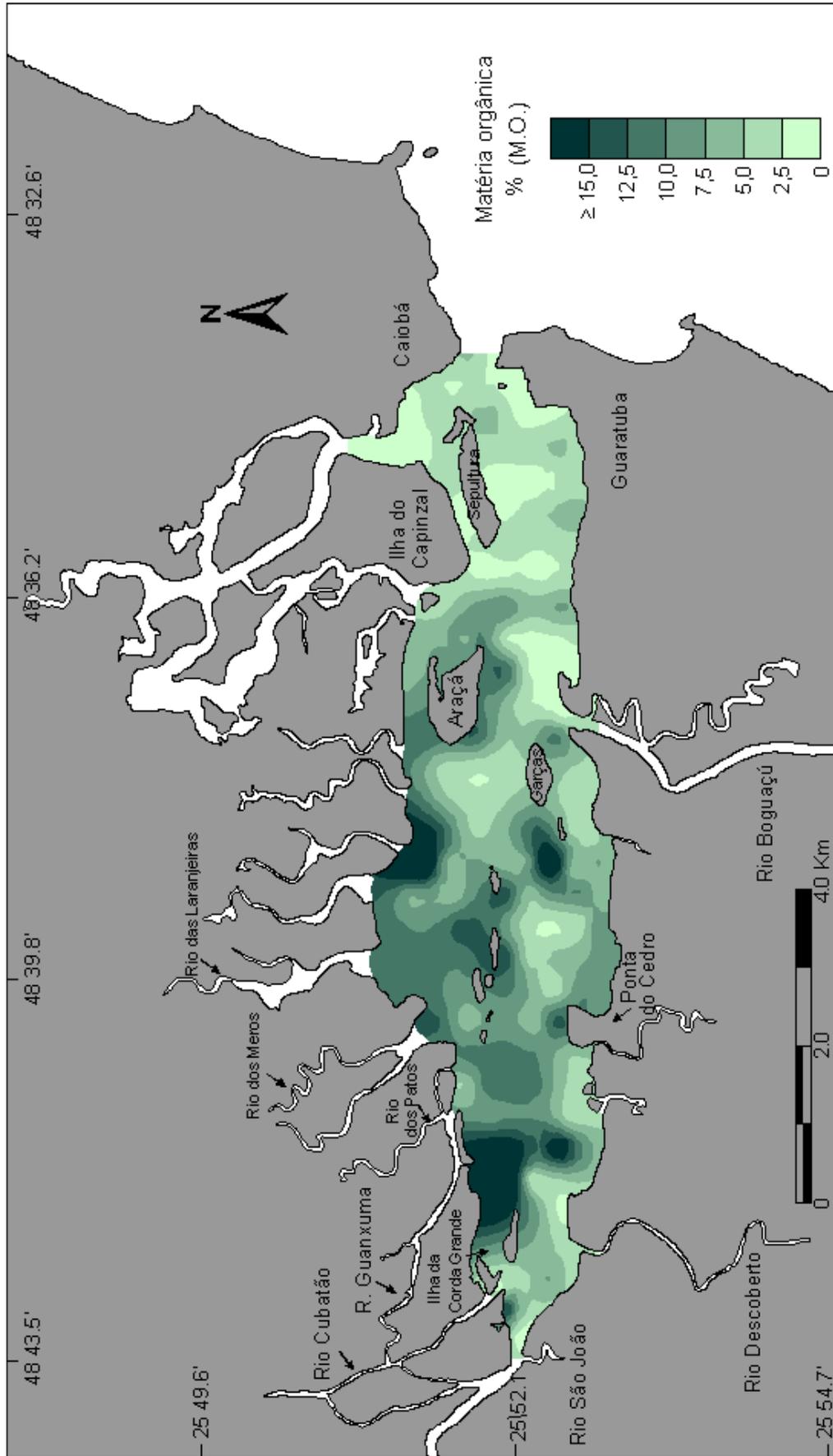


FIGURA 5.3b. Mapa dos teores de matéria orgânica dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba do ano de 2003.

5.4. Morfologia e dinâmica de sedimentos da Baía de Guaratuba

De modo geral, os valores de diâmetro médio dos sedimentos e a profundidade decrescem de jusante para montante, apresentando variações laterais estuário adentro. O conteúdo orgânico dos sedimentos apresenta variabilidade latitudinal, acompanhando os padrões gerais de distribuição granulométrica dos sedimentos com os maiores teores relacionados à fração fina. O carbonato de cálcio não apresenta um padrão de distribuição diretamente relacionado à granulometria, apresentando-se de modo mais aleatório no estuário. Isto ocorre porque o carbonato de cálcio depende principalmente das espécies da biota produtoras de carapaça, da distribuição dos organismos, bem como da densidade de indivíduos.

Na região interna e mediana da baía os canais caracterizam-se por profundidades máximas de 2,5m com predomínio de leito arenoso de provável origem fluvial. Estes canais e depósitos arenosos localizam-se principalmente na região da desembocadura dos rios São João e Cubatão, na foz dos rios Guanxuma, dos Patos e Meros, e da região da Ponta do Cedro até o eixo central do estuário. Entretanto, próximo à cabeceira do estuário, onde se localizam as desembocaduras dos rios São João e Cubatão, há um aumento das profundidades, caracterizando canais com cotas superiores a 2,5m e fundo composto por areias grossas. Este fato indica que os depósitos dos rios São João e Cubatão derivam de fluxos mais energéticos que os outros depósitos, evidenciando-se o domínio da descarga destes rios para a baía, formando, inclusive, deltas nas suas desembocaduras. Na foz dos rios Guanxuma, dos Patos e Meros, o fluxo provavelmente é menos intenso que na cabeceira da baía, mas ainda predomina a contribuição fluvial.

Na região central da baía a energia fluvial decresce, mas ainda possui velocidades significativas para transportar e distribuir as areias finas fluviais. Este tipo de depósito parece caracterizar um canal de escoamento fluvial principal, que provavelmente se torna a principal via de escoamento na maré vazante, e em especial, nos períodos de maior descarga fluvial, cujo canal pode ser erodido e aprofundado pelas as correntes mais fortes e transportar as areias finas fluviais até a porção mediana do estuário.

Os fundos rasos e lamosos ocorrem predominantemente nas regiões interna e mediana, bem como nas margens do estuário, sob condições de baixa energia

hidrodinâmica. Os depósitos destas regiões apresentam-se geralmente na forma de feições deposicionais como, por exemplo, planícies de maré (nas margens da baía) e baixios (nas áreas protegidas das correntes de maré vazante, principalmente na retaguarda de ilhas e promontórios) caracterizados pela pouca profundidade (< 1m) e por sedimentos mal selecionados compostos principalmente por siltes e areias muito finas. Estes depósitos possivelmente são derivados de uma predominante deposição dos sedimentos finos em suspensão. Entretanto, estas regiões aparentam possuir diferenças na magnitude de sedimentação, sendo menos intensa do interior em direção à desembocadura da baía, podendo estar relacionada ao decréscimo das correntes fluviais e das correntes de maré ao adentrar no sistema, bem como a uma intensa floculação e deposição dos sedimentos em suspensão na frente de estratificação salina, caracterizando uma possível zona de máxima turbidez.

Uma pronunciada estratificação salina foi observada em muitos períodos na Baía de Guaratuba por NOERNBERG *et al.* (2004) e MARONE *et al.* (2005), principalmente durante as marés de quadratura e períodos de baixa descarga fluvial e, portanto, esta estratificação pode estar favorecendo a formação da região chamada de zona de máxima turbidez (ZMT).

Segundo WELLS (1996) e ALFREDINI (2005) a formação da ZMT é governada pela ressuspensão de sedimentos em regiões de grandes tensões de cisalhamento e por aprisionamento de sedimentos fluviais no ponto nulo da maré. As fortes correntes bidirecionais, causadas pela assimetria da maré, ressuspendem grande quantidade de sedimentos finos, inclusive de regiões inter-mareais (planícies de maré e baixios lamosos), que se somam aos do aporte fluvial resultando em uma concentração de sedimentos em suspensão pode chegar a ser de 10^3 mg/l superior às regiões a montante e a jusante da ZMT. Segundo ALFREDINI (2005) o corpo lenticular da ZMT pode se estender a distâncias de 1 a 10 Km e deslocar-se estuário acima ou abaixo por algumas centenas de metros ao longo do ciclo das marés de quadratura e sizígia. A grande concentração de material particulado, aliada ao processo de floculação induzido pela mudança da salinidade, resulta na rápida deposição dos finos em suspensão (DYER, 1996; SILVA *et al.*, 2004).

Na região compreendida entre a foz do Rio Boguaçú e a foz do Rio das Ostras, os depósitos de sedimentos passam rapidamente de areias finas bem selecionadas para siltes grossos e médios pobremente selecionados, caracterizando

uma queda abrupta da energia hidrodinâmica. Para esta mesma região já tinha sido observado, no mapa batimétrico (item 5.1), um rápido declínio nos valores de profundidade, onde a isóbata de 2,5m parece definir um limite morfológico para o fundo do estuário, separando-o em dois compartimentos: a região rasa M1 (sentido Ilha das Garças-montante-oeste) e a região profunda M2 (sentido Ilha das Garças-jusante-leste). Desse modo, o padrão de distribuição dos sedimentos de fundo também responde à ação da circulação estuarina diferenciada, caracterizando uma zona limítrofe entre regiões de alta e baixa energia hidrodinâmica e evidenciando mudanças significativas nos padrões de sedimentação dentro do estuário, assim como na sua morfologia.

Os depósitos de sedimentos localizados nesta porção do estuário (da Ilha do Araçá, na margem norte, até a foz do rio Boguaçu na margem sul, e no canal de maré a leste da Ilha do Capinzal até as proximidades da Ilha da Sepultura) parecem estar sendo depositados por mecanismos combinados de rolamento, arrasto e saltação, o que indica uma forte atuação das correntes. A região apresenta canais com profundidades de 5 a 15m com leitos compostos predominantemente por areias finas pouco coesivas (devido aos baixos teores de matéria orgânica) sendo, provavelmente retrabalhados por intensas correntes de maré. Estas areias, possivelmente, têm origem marinha, com fontes potenciais nos depósitos litorâneos ao largo, assim como do retrabalhamento das areias da barreira holocênica na margem sul da Baía de Guaratuba, que abrange do rio Boguaçu até a boca do estuário. Detalhes sobre a evolução da barreira holocênica no litoral do Paraná podem ser vistos em LESSA *et al.* (2000).

Na região da boca estuarina e no canal de maré próximo à desembocadura, localizado na margem norte (junto a Caiobá), os sedimentos são compostos predominantemente por areias grossas, bem selecionadas e de assimetria negativa, com pouco conteúdo de matéria orgânica, indicando alta energia das correntes, resultado provavelmente do intenso fluxo e refluxo das correntes maré. Os canais nessa porção do estuário possuem as maiores cotas batimétricas, com valores superiores a 20 m na boca. Nessa região, provavelmente, há o predomínio dos processos erosivos sob os de deposição.

5.5 Modelo de Fácies Estuarinas

O trabalho de DALRYMPLE *et al.* (1992) propõe vários modelos de fácies estuarinas. Partindo de um modelo geral, embasado nas definições de estuário de PRITCHARD (1967), o autor propõe que a maioria dos estuários pode ser dividida em três zonas, sendo que cada uma possui características próprias referentes ao regime de energia, tipo de sedimento e morfologia. Tais zonas são denominadas de zona interna, zona central e zona externa (Figura 5.5a).

Neste modelo, os processos fluviais prevalecem na parte superior (ou cabeceira) do estuário e sofrem uma progressiva redução em direção à boca, onde a importância dos processos marinhos passa a prevalecer. Os efeitos de ondas são principalmente restritos às margens costeiras da zona externa. As zonas interna e externa são as mais energéticas e são predominantemente regiões de transferência de sedimentos. Os limites entre as zonas são regiões transicionais que mudam de acordo com as estações do ano, o clima e as marés.

Os modelos específicos propostos por DALRYMPLE *et al.* (1992) são: os Estuários Dominados por Ondas (“*Wave-dominated Estuaries*”), Estuários Dominados por maré (“*Tide-dominated Estuaries*”) e Estuários de transição de ondas para maré (“*The wave to Tide transition*”), este último representa uma combinação dos dois primeiros.

No caso dos estuários dominados por ondas, a influência da maré é pequena e a desembocadura é atingida por alta energia de ondas, com transporte longitudinal de sedimentos ao longo da costa e dentro do estuário, formando barras subaéreas transversais à boca.

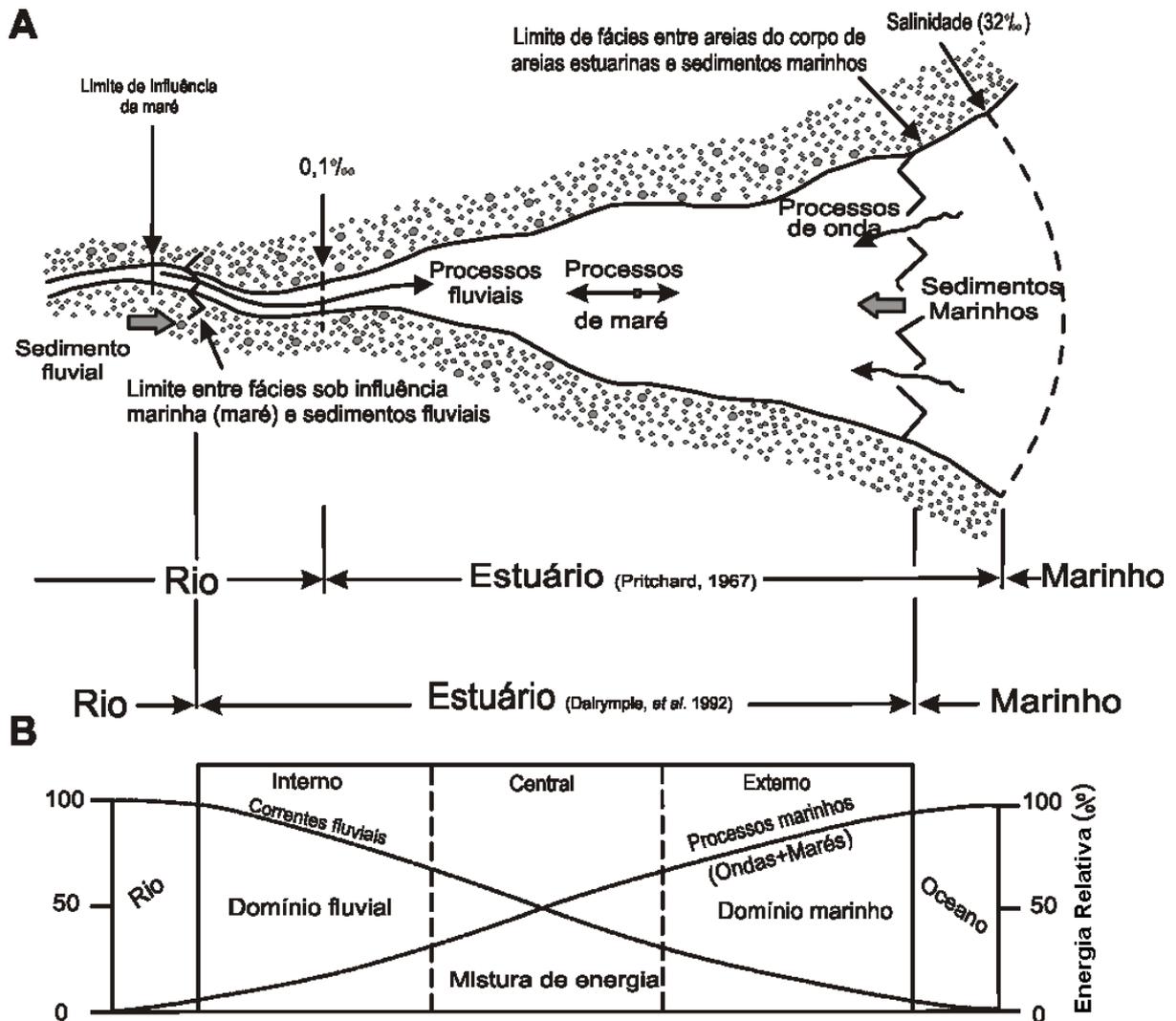


Figura 5.5a. Modelo hidrodinâmico-faciológico geral para estuários. A) Representação esquemática das definições de estuário segundo de PRITCHARD (1967) e DALRYMPLE *et al.* (1992), e o padrão geral do transporte do material de fundo. As fácies são delimitadas pelo limite interno da influência estuarina no rio, definida pela salinidade de 0,1ups e o fim da influência estuarina externa no mar pela salinidade de ~32 ups. B) Distribuição dos processos físicos operando dentro do estuário, resultando na zonação das fácies. Fonte: DALRYMPLE *et al.* (1992) com modificações.

Segundo DALRYMPLE *et al.* (1992), nos estuários dominados por maré, a energia das correntes de maré excede a energia das ondas na desembocadura, desenvolvendo típicas barras arenosas alongadas. Os melhores exemplos destes sistemas são os estuários sob influência de macromarés, como o Rio Severn, na Inglaterra. Entretanto, o domínio das marés pode ocorrer mesmo em estuários caracterizados por regime de micromarés, principalmente nos casos em que a ação

de ondas for limitada e/ou o estuário possuir um grande prisma de maré (HAYES, 1979; DAVIS e HAYES, 1984 in DALRYMPLE *et al.*, 1992). Neste último caso, durante a preamar, a maré é progressivamente comprimida dentro de uma área de pequena seção transversal, devido à geometria afunilada que caracteriza estes estuários, e as velocidades das correntes aumentam estuário adentro. Após certa distância, a dissipação de energia excede os efeitos de amplificação causados pela convergência, e a energia da maré decresce, chegando a zero no limite de influência da maré rio adentro. Nestes estuários, a energia fluvial decresce em direção ao mar, como nos sistemas dominados por ondas.

A distribuição de fácies nos sistemas estuarinos dominados por maré não é tão evidente como nos sistemas dominados por onda. Nestes, a distribuição das fácies ocorre principalmente em três partes; na zona interna, zona central e zona externa. Nos sistemas estuarinos dominados por maré, a distribuição de fácies ocorre de modo mais difuso, por meio dos canais de maré que atravessam as diferentes zonas ao longo do estuário (DALRYMPLE *et al.*, 1992) (Figura 5.5b).

As principais fácies que podem ser observadas no modelo de estuário dominado por marés são: a de planície de maré, formada por sedimentos lamosos que se depositam principalmente nas margens dos estuários, em função da baixa energia hidrodinâmica; a fácies de canais de fluxo secundário, compostos por areias muito finas; planícies de areia com um regime de fluxo superior (UFR – upper-flow-regime) que coincide com o máximo da energia de maré, e que revelam um padrão de canal trançado. Este canal é largo na boca do estuário e torna-se um único canal confinado em direção a cabeceira. Os depósitos desta fácies, que podem não estar presente em estuários dominados por marés com regimes de micromarés, consistem em areias finas (DALRYMPLE *et al.*, 1992).

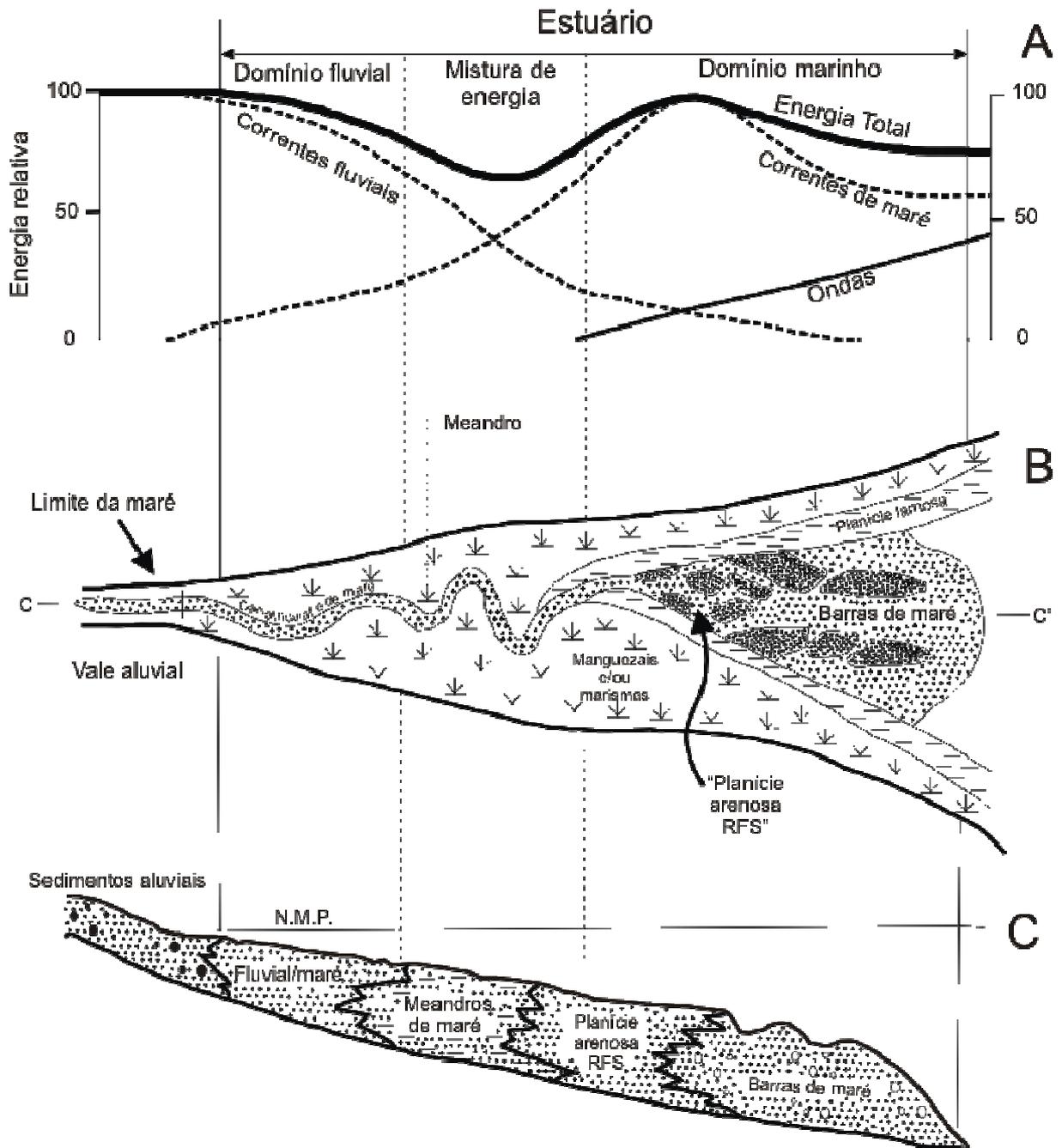


Figura 5.5b. Modelo hidrodinâmico-faciológico de estuários dominados por maré. Descrição de A) Tipos de energia, B) elementos morfológicos vistos em planta, e C) fácies sedimentares na seção longitudinal para um estuário idealizado do tipo dominado por marés. RFS = regime de fluxo superior; N.M.P. = nível médio da preamar. A seção C é dada ao longo do eixo do canal e não mostra as fácies marginais de planície lamosa e planície de maré vegetada (marismas e manguezais). Fonte: DALRYMPLE *et al.* (1992), com modificações.

Na região central, zona de baixa energia do sistema, desenvolve-se uma progressão regular de sinuosidades que são denominadas de “estreitos meandantes”. A porção mais externa dos meandros (em direção à boca do estuário) é dominada pela maré, e o transporte residual de sedimentos se dá em direção ao rio, devido às fortes correntes de maré enchente. Esta região apresenta bancos de areia e baixios lamosos fixos e algumas barreiras que se interpõem transversalmente aos canais. Assim como a porção mais externa dos meandros, a porção interna contém tipos de barreiras similares, mas nesta região o transporte residual de sedimento é a jusante devido à dominância do fluxo do rio sobre as correntes de maré. Entretanto, um delta de cabeceira de baía geralmente não está presente na região de domínio do rio. Ao invés disso, o canal retilíneo sob domínio fluvial segue continente adentro até acima do limite da maré, para depois tornar-se meandrante (DALRYMPLE *et al.*, 1992).

5.5.1 Modelo hidrodinâmico – faciológico para a Baía de Guaratuba

As características morfológicas do fundo da Baía de Guaratuba e sua distribuição dos sedimentos demonstram que este estuário possui características sedimentológicas e morfológicas espacialmente diversificadas, resultado da complexa interação entre a hidrodinâmica e a geomorfologia. Contudo, apresenta características que concordam, em grande parte, com modelos sedimentológicos e hidrodinâmicos previstos na literatura, dentre eles os de PRITCHARD (1967), BROWN (1989) e DALRYMPLE *et al.* (1992).

A partir da análise da morfologia e da distribuição de sedimentos de fundo do estuário da Baía de Guaratuba, pode-se observar muitas das unidades características descritas por DALRYMPLE *et al.* (1992) no modelo hidrodinâmico-faciológico de estuários dominados por maré.

De modo geral, a Baía de Guaratuba pode ser dividida em três compartimentos distintos, do ponto de vista hidrodinâmico-faciológico, denominados neste trabalho como: (HF1) Setor de domínio fluvial ou zona interna (na cabeceira da baía); (HF2) Setor de mistura de energia ou zona central e (HF3) Setor de domínio marinho ou zona externa (Figura 5.5.1).

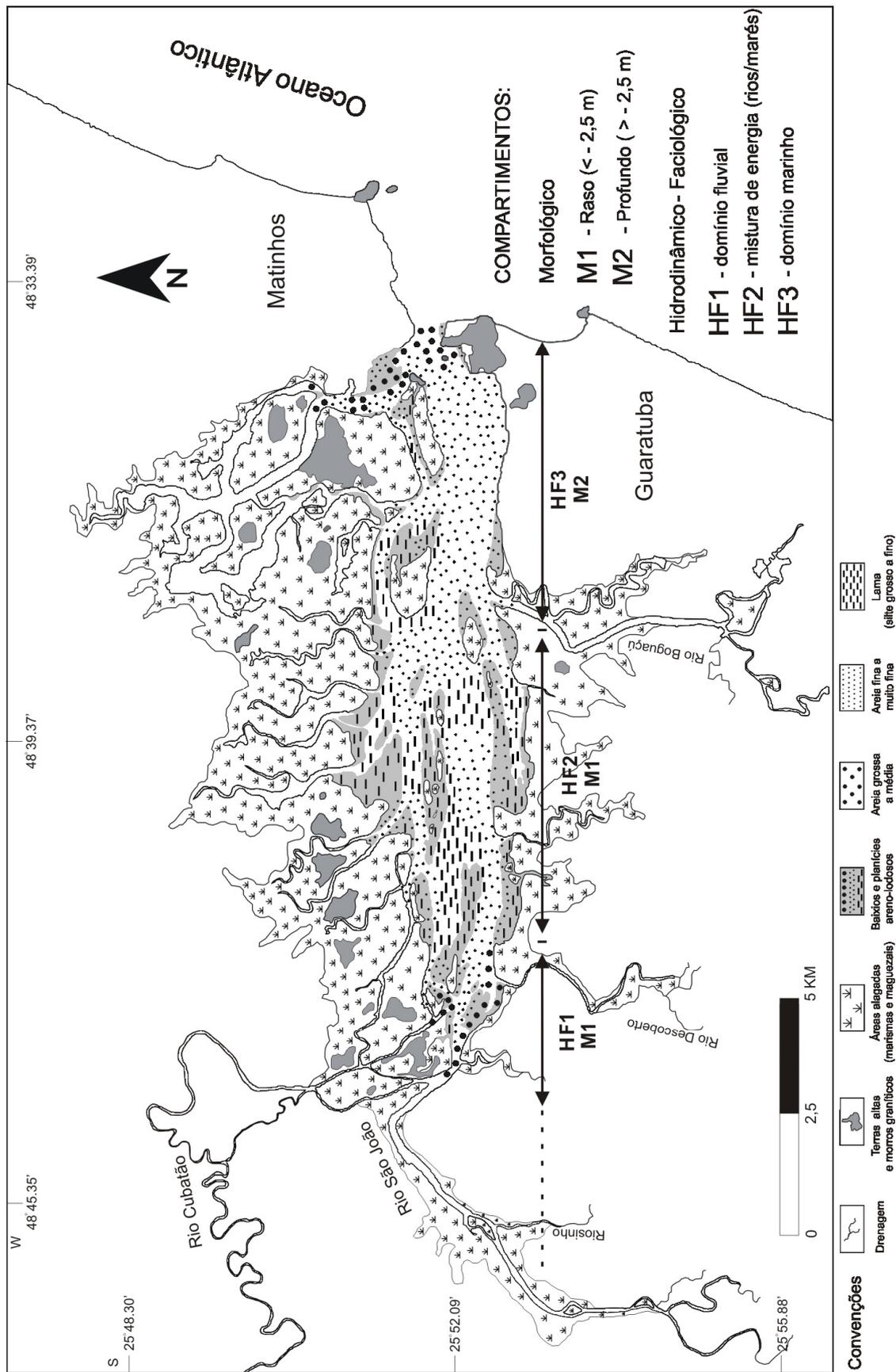


Figura 5.5.1. Compartimentação hidrodinâmica-faciológica da Baía de Guaratuba. Compartimentação morfológica (vide seção 5.1).

O setor de domínio fluvial ou zona interna (HF1), inserido na região rasa da baía (M1), compreende desde a foz dos rios São João e Cubatão até as proximidades do extremo leste da Ilha da Corda Grande, na margem norte até as proximidades da foz do Rio Descoberto, na margem sul. Neste, os processos de transporte e sedimentação, bem como a formação das feições de fundo estão sendo influenciados principalmente pela descarga fluvial. Embora o modelo de fácies de estuários dominados por maré, proposto por DALRYMPLE *et al.* (1992), considere mais comum um canal retilíneo confinado devido à força das correntes de maré dentro do canal fluvial, em detrimento de um delta de cabeceira de baía, na Baía de Guaratuba os dois casos parecessem ocorrer simultaneamente. Possivelmente isto ocorra devido a diferentes regimes hidráulicos que caracterizam estes rios, sendo o Cubatão mais energético em termos de velocidade de escoamento e capacidade de transporte de carga de fundo, o que resulta em uma amplificação da área de domínio fluvial dentro da baía. O Rio Cubatão forma na sua foz um delta de cabeceira de baía, cujo rio se divide em pelo menos quatro braços distributários até desaguar na baía. Este rio possui curso superior fortemente encaixado e retilíneo, e devido à proximidade da Serra do Mar nesta região, seu curso inferior atravessa uma menor área de planície em comparação com o Rio São João, apresentando canal mais estreito.

Já o Rio São João atravessa uma maior área de planície e seu trecho final possui canal relativamente largo e retilíneo, ausente de distributários. Possivelmente, seu regime hidráulico menos energético que o do Cubatão, possibilite a ação mais direta das correntes de maré dentro do seu canal, distribuindo os sedimentos longitudinalmente, e conseqüentemente, impedindo a de formação de um delta.

O setor de mistura de energia ou zona central (HF2), inserido no M1 e que compreende o limite do setor anterior até a região da foz do Rio Boguaçú, apresenta pelo menos três canais de escoamento separados por inúmeros baixios lamosos, barras areno-lodosas e ilhas arenosas, podendo ser representadas em parte como fácies de baixios ou barras de maré, descritas como pertencentes à zona externa do modelo de DALRYMPLE *et al.* (1992). Estes padrões de distribuição dos sedimentos e unidades morfológicas sugerem a atuação de processos como:

- 1) o decréscimo das correntes ao adentrar a região rasa M1, relacionado tanto à diminuição da energia do escoamento das águas fluviais quanto às das

correntes de maré devido à ampliação do corpo d'água e a necessidade destas se redistribuírem numa maior superfície de inundação, propiciando deposição de sedimentos finos principalmente nas de zonas de máxima turbidez e;

2) a forma assimétrica de propagação da onda de maré ao adentrar esta região, onde os fundos rasos são representados por baixios e planícies de maré, que progradam lateral e longitudinalmente ao eixo principal da baía, e onde obstáculos naturais que interferem na dinâmica das correntes de maré, como a Ponta do Cedro e as Ilhas da Corda Grande e do Araçá, parecem também controlar a sedimentação, favorecendo a gênese de ambientes de baixa energia onde predominam os processos de sedimentação e a progradação das feições de fundo.

O setor de domínio marinho ou zona externa (HF3), inserido no M2, e compreendido das proximidades da foz do Rio Boguaçú até a boca da baía propriamente dita, caracteriza uma região de alta energia hidrodinâmica, onde ocorre um canal principal que varia entre 5m e 20,0m de profundidade, com leito composto de areias (finas a grossas) de provável origem marinha transportadas principalmente por processos de arrasto e saltação. Neste setor possivelmente há o predomínio de processos erosivos, evidenciado pelas variações abruptas de profundidade, predominância de depósitos de sedimento não coesivos e aumento progressivo do tamanho de grão dos sedimentos em direção à desembocadura. Neste setor não foi observada a formação de barras arenosas de maré como descrito no modelo, e sim a fácies arenosa de regime de fluxo superior (RFS) que coincide com o máximo da energia de maré, representada como um grande lençol arenoso. A presença da fácies de RFS em detrimento das barras de maré arenosas, possivelmente se deve ao afunilamento na boca do estuário e ao posterior alargamento do corpo estuarino à montante, fazendo com que os baixios e barras de maré sejam construídas na porção central do estuário em condições de menor energia hidrodinâmica.

5.6 Comparação dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba dos levantamentos de 1988/1989 e 2003

Com os dados granulométricos provenientes do levantamento realizado durante este trabalho (2003) (Anexo I), foi efetuada uma análise comparativa com os dados de 1988/1989 feito por BARBOSA (1991) (Anexo II), visando identificar possíveis alterações na distribuição dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba nestes últimos 15 anos. Ao todo, foram comparados 53 pontos amostrados em 1988/1989 com 144 pontos amostrados em 2003.

É importante mencionar que para efetuar esta comparação foi tomada a precaução de padronizar os dados de ambos os levantamentos quanto à localização espacial das amostras e ao cálculo dos parâmetros estatísticos granulométricos, tentando assim minimizar os erros. Entretanto, o único fator não padronizado foi o método de análise granulométrica em laboratório. Os métodos empregados em cada levantamento são ligeiramente diferentes entre si, embora o princípio de determinação das frações do sedimento seja o mesmo, com peneiramento da fração grossa (areias) e pipetagem dos finos (silte e argila). A diferença principal consiste no tratamento prévio das amostras, ou seja, anterior às medições por peneiramento e pipetagem.

As amostras de 1988/1989, analisadas por BARBOSA (1991), foram secas previamente em estufa à 70° C e posteriormente eliminada a matéria orgânica com reagente químico. Já as amostras de 2003, foram secas em estufa à 50° C somente depois da eliminação da matéria orgânica com reagente químico, como descrito por ZEM *et al.* (2005).

Segundo ZEM *et al.* (2005) o procedimento laboratorial utilizado para o levantamento de 1988/1989 tende a agregar as argilas, devido à desidratação, tornando o material rijo e de difícil desagregação para medição da granulometria. Além disso, a secagem do material com matéria orgânica pode causar um ainda maior endurecimento do material, devido ao preenchimento dos espaços intergrãos com matéria orgânica, tornando ineficiente sua posterior eliminação por reação química e, conseqüentemente, causar problemas de floculação durante a pipetagem. Este procedimento pode estar causando erros nas análises, com

subestimação das frações granulométricas finas (silte e argila) e superestimação das frações arenosas conforme descrito por ZEM *et al.* (2005).

Desse modo, algumas diferenças observadas nos resultados da comparação dos sedimentos dos levantamentos de 1988/1989 e 2003 podem estar relacionadas, em parte, às discrepâncias inerentes às metodologias empregadas.

5.6.1 Diâmetro médio

De modo geral, os dados de diâmetro médio mostraram o predomínio das classes arenosas (areias fina e muito fina) em ambos os levantamentos. Entretanto, houve uma inversão de domínio de areia muito fina (3,5Ø) para areia fina (2,5Ø), além de um decréscimo geral na freqüência destas duas classes (decréscimo de 8% das areias muito finas e 2% das areias finas) e um aumento de 13% na freqüência de silte grosso (Figura 5.6.1).

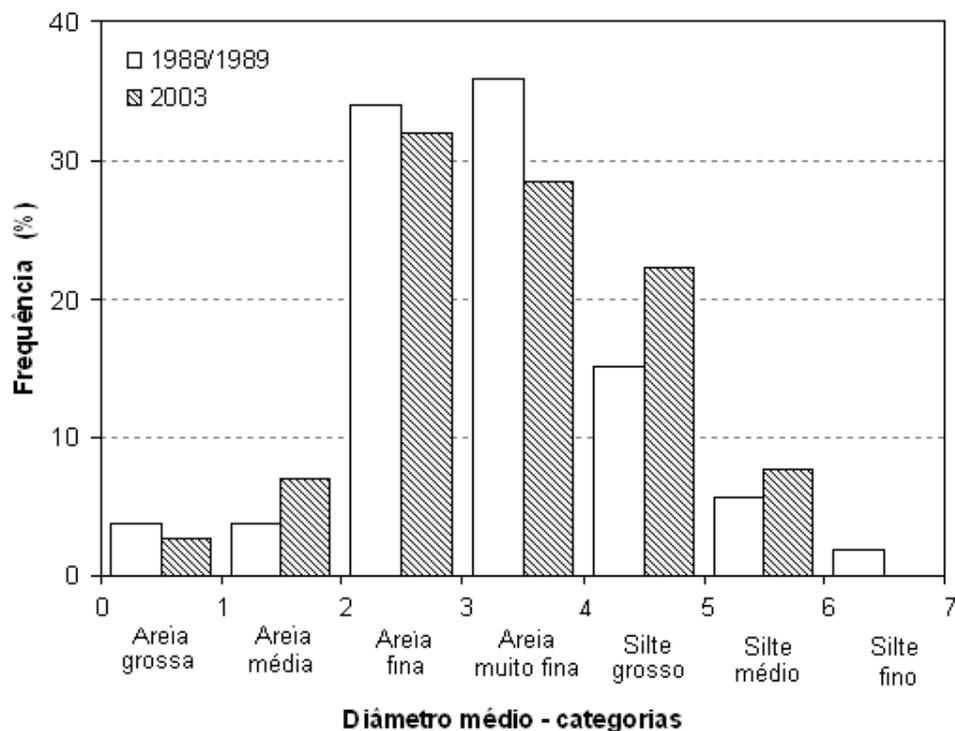


FIGURA 5.6.1. Histograma comparativo do diâmetro médio dos sedimentos de fundo de 1988/1989 e 2003.

Em 1988/1989, a Baía de Guaratuba apresentava sedimentos de diâmetros médios de 0Ø a 7Ø, sendo o fundo estuarino composto principalmente por areias muito finas (3,5Ø) e finas (2,5Ø), representadas por 36% e 34% das amostras, respectivamente. As classes silte grosso, silte médio e silte fino representavam respectivamente 15%, 6% e 2% das amostras, e areias médias e grossas apresentavam, ambas, 4% de frequência.

Já em 2003, os sedimentos de fundo apresentaram diâmetros médios entre 0Ø a 6Ø, com predomínio das classes areia fina (32%), areia muito fina (28%) e silte grosso (22%). As areias médias e grossas representaram 6% e 4% das amostras e os siltes médios, cerca de 8%.

Os mapas de distribuição do diâmetro médio de 1988/1989 e de 2003 apresentaram o predomínio de sedimentos com diâmetro médio entre 2,0Ø e 4,0Ø, correspondentes às frações areia fina e areia muito fina, respectivamente. Entretanto, a distribuição espacial das areias, bem como dos siltes mostraram-se distintos em cada levantamento (Figuras 5.6.1a e 5.6.1b).

De modo geral, foi observado o engrossamento dos sedimentos de fundo da cabeceira da baía, principalmente na foz do rio Cubatão e na margem norte do setor interno, na região da foz dos rios Guanxuma e dos Patos.

Na foz do Rio Cubatão, o diâmetro médio dos sedimentos que em 1988/1989 era composto por areia fina (2,89Ø) e silte médio (5,58Ø), passou em 2003 para areia grossa (0,53Ø) e areia média (1,09Ø). Já nas proximidades da foz dos rios Guanxuma e dos Patos, que em 1988/1989 era formada por depósitos de silte médio (5,0Ø) e silte fino (6,44Ø), em 2003, passou a ser composta predominantemente por depósitos de areia muito fina (3,91Ø).

Em 1988/1989, nas areias grossas e médias observadas na foz do São João o diâmetro médio diminui rapidamente para areias finas, distribuindo-se no eixo central da baía até as proximidades da Ilha da Corda Grande (Figura 5.6.1a). Em 2003, os depósitos de areias grossas (0,5Ø) são reduzidos, ocorrendo somente na porção mais interna do canal do Rio São João e nas proximidades à montante da foz do Rio Descoberto, na margem sul. As areias médias 1,5Ø e finas 2,5Ø distribuem-se além da foz do Rio Descoberto, margeando a linha de costa. Esta variação lateral da granulometria pode estar relacionada com uma possível migração do canal de escoamento do rio para a região mais próxima à margem sul da baía (Figura 5.6.1b).

De 1988/1989 para 2003, os setores interno e mediano do estuário apresentaram um aumento da distribuição das classes silte grosso e silte médio dos sedimentos de fundo, com o conseqüente decréscimo da classe areia muito fina, evidenciando a diminuição do diâmetro médio dos sedimentos.

No ano de 1988/1989, a maior parte dos setores interno e mediano do estuário era composto por areias muito finas (3,5Ø), com alguns poucos depósitos de silte grosso (4,5Ø) ocorrendo próximos às pequenas ilhas centrais do estuário e ao norte da Ilha do Araçá. Já em 2003, esta mesma região apresentou grande distribuição de silte grosso (4,5Ø) e depósitos isolados de silte médio (5,5Ø), principalmente no centro e nas margens da baía. A média granulométrica do setor interno (Ilha da Corda Grande - Ponta do Cedro) passou de 3,67Ø, em 1988/1989 (11 amostras), para 4,03Ø (27 amostras) em 2003. Já no setor mediano, a média granulométrica que era de 3,43 Ø, em 1988/1989, passou para 3,78Ø em 2003.

No setor próximo à desembocadura, compreendido entre a Ilha das Garças e a boca da baía, não houve mudanças significativas no diâmetro médio dos grãos no período entre os levantamentos, com os depósitos de sedimentos sendo compostos predominantemente por areias finas (2,5Ø).

No canal de maré a leste da Ilha do Capinzal foi observado o aumento do diâmetro médio do sedimento, que passou de 3,27Ø (areia muito fina) e 2,7Ø (areia fina) em 1988/1989, para 2,65Ø (areia fina) e 1,16Ø (areia grossa), em 2003. Este engrossamento dos sedimentos de fundo nesta região deve estar relacionado com a grande quantidade de cascalho biodetrítico observado nestas amostras (em torno de 16% e 25%).

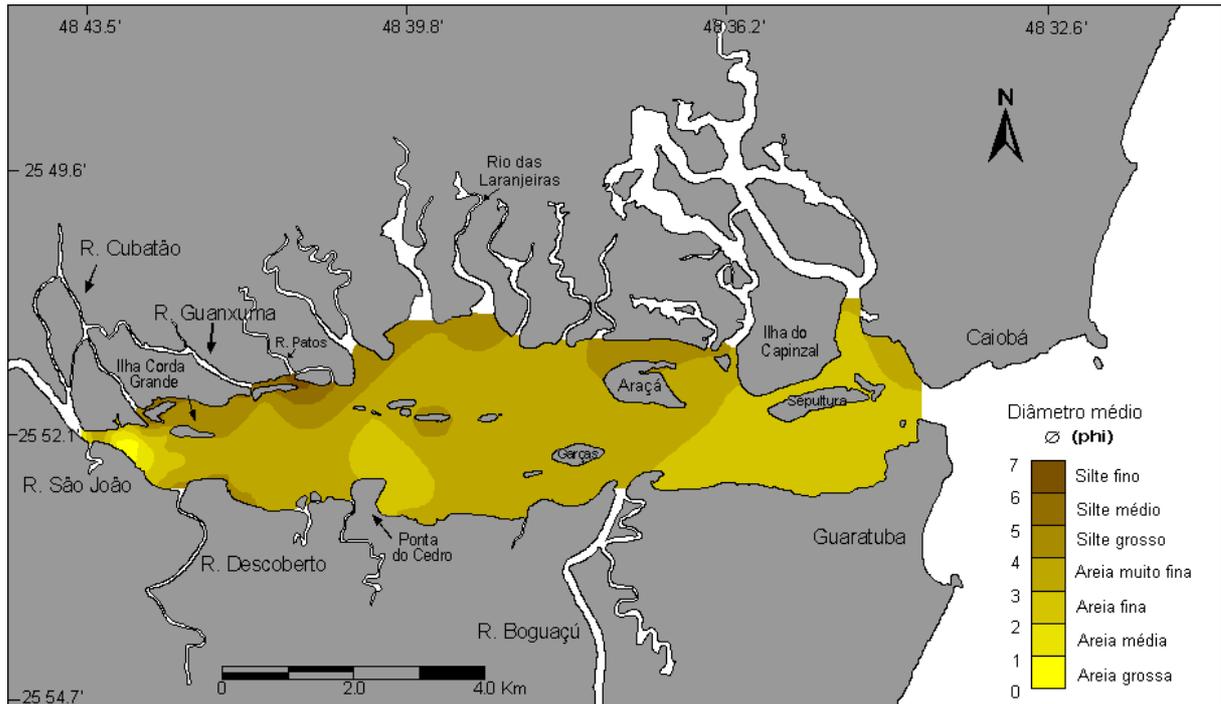


FIGURA 5.6.1a. Mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos da Baía de Guaratuba elaborado com os dados do levantamento de 1988/1989 realizado por BARBOSA (1991).

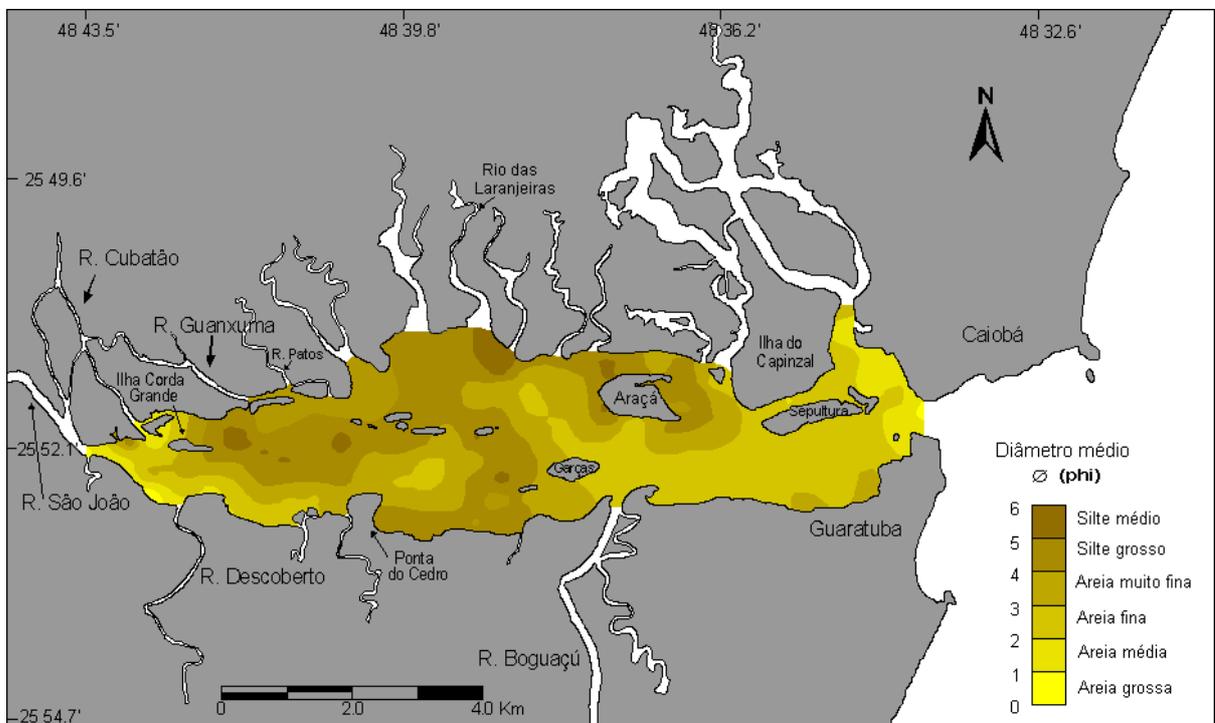


FIGURA 5.6.1b. Mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos da Baía de Guaratuba do ano de 2003.

5.6.2 Desvio padrão (σ)

Uma análise comparativa geral do desvio padrão dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba mostra que estes, em 2003, se encontram mais mal selecionados em relação à 1988/1989 (Figura 5.6.2).

A Baía de Guaratuba, em 1988/1989, era composta principalmente por sedimentos pobremente e moderadamente selecionados, com freqüências respectivas de 34% e 32%. Os sedimentos bem e muito bem selecionados foram observados em iguais freqüências nas amostras coletadas, com valor de 13% e as amostras muito mal selecionadas apresentaram freqüência de 8% (Figura 5.6.2).

Em 2003, os sedimentos apresentaram pobre seleção dos grãos em 54% das amostras, seguido por depósitos moderadamente selecionados (19%) e muito pobremente selecionados (17%). Os sedimentos bem selecionados e muito bem selecionados representam, juntos, os 10% das amostras restantes.

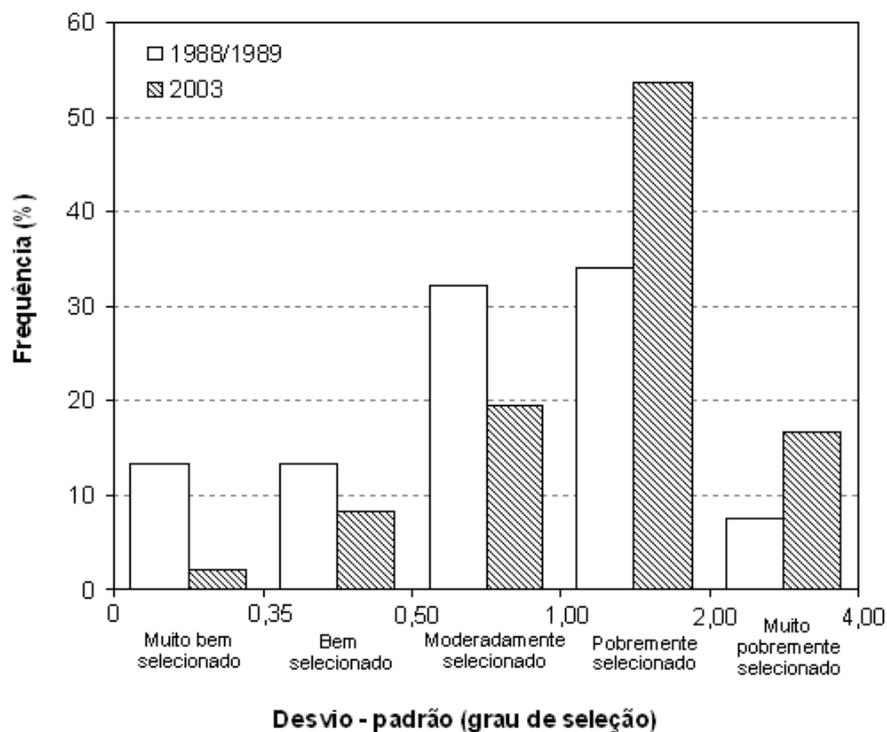


FIGURA 5.6.2. Histograma comparativo das freqüências de desvio-padrão (grau de seleção) dos sedimentos de fundo de 1988/1989 e 2003.

Em 1988/1989, grande parte da Baía de Guaratuba apresentava sedimentos pobremente selecionados com porções de sedimentos moderadamente selecionados principalmente na região mediana e interna do estuário (Figura 5.6.2a). Além disso, sedimentos pobremente selecionados ocorreram em depósitos isolados na margem norte, próximo da Ilha do Araçá e a leste da Ilha do Capinzal. Sedimentos muito pobremente selecionados formavam depósitos junto à linha de costa, entre a Ilha da Corda Grande e a foz do Rio Guanxuma, localizados na margem norte da região interna, bem como no canal de maré a leste da Ilha do Capinzal, próximo à boca do estuário. Os sedimentos moderadamente selecionados compunham pequenos depósitos junto à foz do Rio São João e Rio Descoberto, na cabeceira da baía, e amplos depósitos na porção centro-mediana do estuário, desde a região da Ponta do Cedro, até a boca da baía. Inserido nestes, ocorriam pequenos e isolados depósitos de sedimentos bem e muito bem selecionados localizados na desembocadura do Rio das Laranjeiras, na margem norte, na da foz do rio Boguaçu, na margem sul e junto à da Ilha da Sepultura, na região da boca da baía.

No ano de 2003, os sedimentos pobremente selecionados apresentam-se ocupando grande parte do leito estuarino, ocorrendo na maioria das regiões que em 1988/1989 predominavam os sedimentos moderadamente selecionados (Figura 5.6.2b). Os sedimentos muito pobremente selecionados ocorrem em numerosos e isolados depósitos na região interna e mediana da baía, principalmente na porção norte da baía onde anteriormente ocorriam sedimentos pobremente selecionados, bem como na região sul e nordeste da Ilha do Araçá, onde em 1988/1989 os sedimentos eram pobremente e moderadamente selecionados. Os sedimentos moderadamente e bem selecionados aparecem predominantemente na forma de bolsões isolados nas seguintes localidades: na foz do Rio São João e em sua jusante, junto à linha de costa na margem sul; na região a nordeste da Ponta do Cedro; desde as proximidades da Ilha das Garças até a região a leste do Rio Boguaçu e, por fim, da região da Ilha da Sepultura até a cidade de Guaratuba na margem sul. Os sedimentos muito bem selecionados ocorrem na foz do Rio Boguaçu e, também, no canal de maré a leste da Ilha do Capinzal, onde, em 1988/1989, ocorriam porções de sedimentos muito pobremente e pobremente selecionados à montante do canal de maré e sedimentos moderadamente selecionados nas proximidades da Ilha da Sepultura.

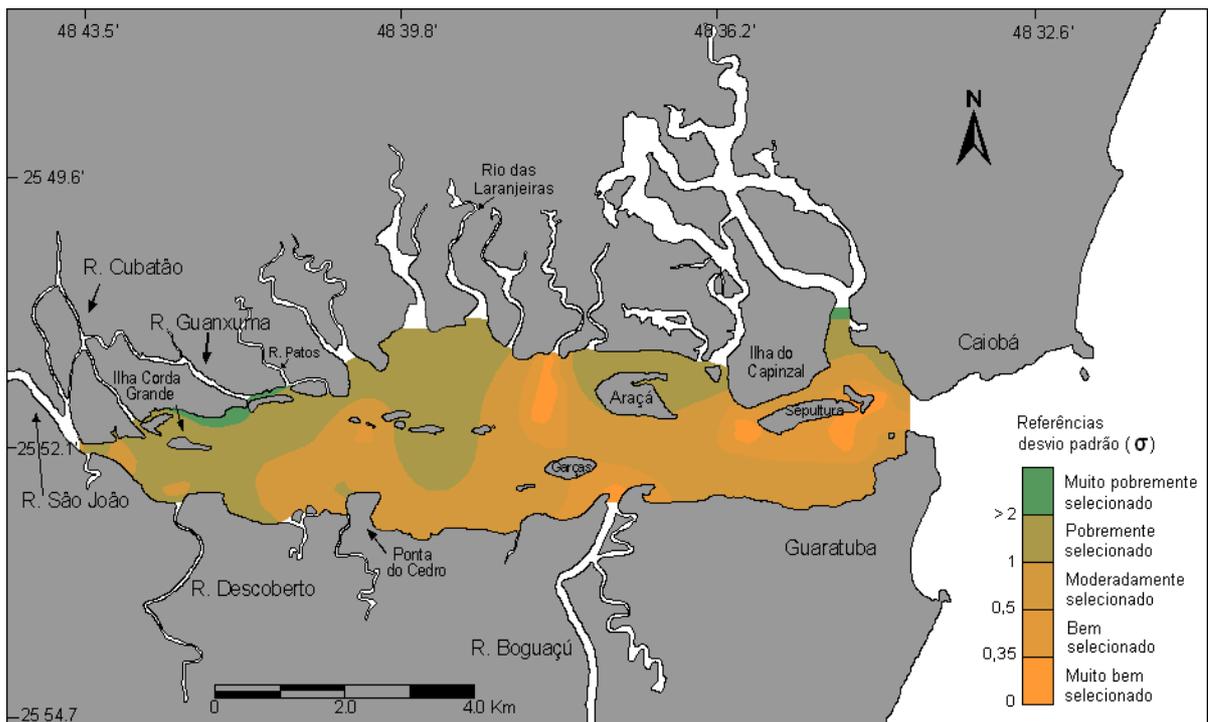


FIGURA 5.6.2a. Mapa de desvio padrão (grau de seleção) dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba em 1988/1989 (BARBOSA, 1991).

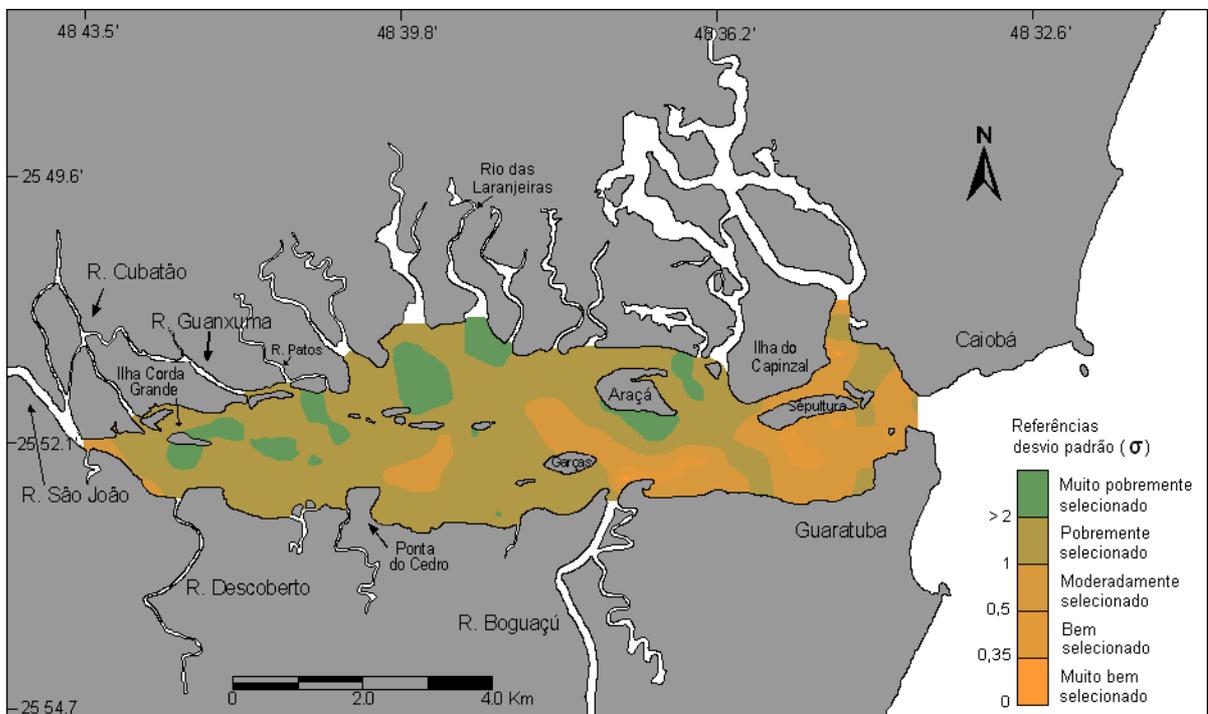


FIGURA 5.6.2b. Mapa de desvio padrão (grau de seleção) dos sedimentos da Baía de Guaratuba do ano de 2003.

5.6.3 Assimetria (Sk_i)

De modo geral, ao se comparar o grau de assimetria dos sedimentos de fundo dos levantamentos de 1988/1989 e 2003 observou-se assimetria muito positiva em ambos. Contudo, de 1988/1989 para 2003, ocorreu um aumento da frequência de sedimentos assimetricamente muito positivos, bem como o decréscimo da frequência de sedimentos aproximadamente simétricos e de assimetria negativa (Figura 5.6.3).

Em 1988/1989, cerca de 42% das amostras apresentaram assimetria muito positiva, ao passo que, em 2003, a frequência desta classe foi de 65%. Em 1988/1989, os sedimentos de assimetria negativa e aproximadamente simétricos ocorreram em 17% e 26% das amostras, respectivamente. Enquanto que em 2003, estas mesmas classificações ocorreram, respectivamente, em 6% e 13% das amostras.

Os sedimentos de assimetria muito negativa apresentaram frequências muito similares em ambos os levantamentos, ocorrendo em 4% das amostras de 1988/1989 e em 3% das amostras de 2003. O mesmo ocorreu com os sedimentos de assimetria positiva, representado por 11% no primeiro levantamento, e 13% no último.

O setor interno da Baía de Guaratuba apresentou, tanto na amostragem de 1988/1989 quanto na de 2003, o predomínio de assimetria muito positiva, ocorrendo junto à assimetria positiva e aproximadamente simétrica nos depósitos da foz dos rios São João e Cubatão.

O setor mediano apresentou, em 1988/1989, sedimentos de assimetria muito positiva a muito negativa, enquanto que na amostragem de 2003, os sedimentos apresentaram predominantemente a assimetria muito positiva, com poucos e isolados depósitos de assimetria positiva a aproximadamente simétrica.

Em 1988/1989, o setor próximo à desembocadura da baía, a partir da Ilha das Garças, apresentava sedimentos passando de aproximadamente simétricos a muito negativos em direção à boca da baía. Já em 2003, a distribuição dos sedimentos de assimetria muito positiva ocorre desde o setor mediano até a região dos clubes náuticos da Cidade de Guaratuba, na margem sul.

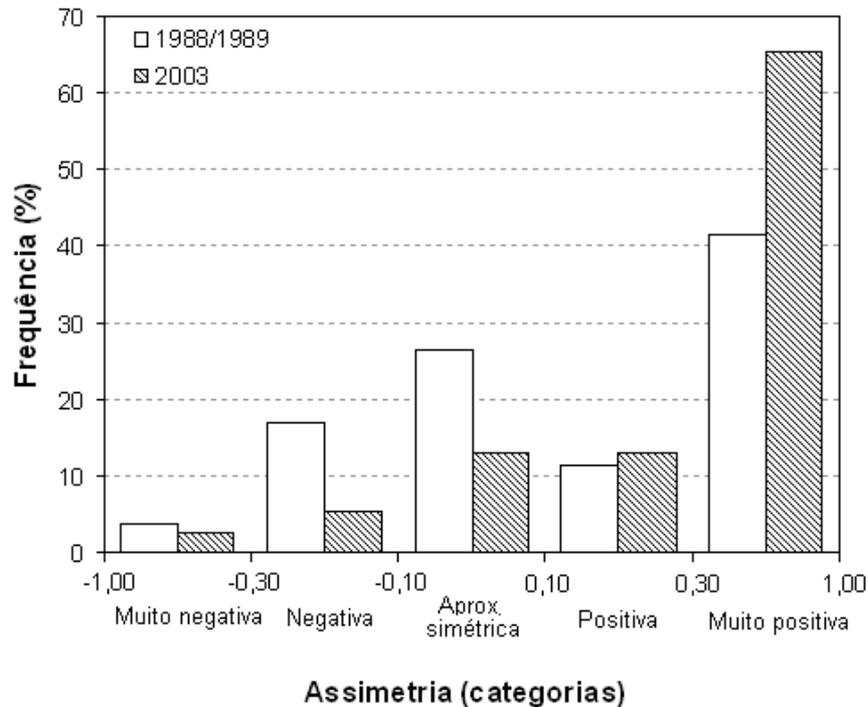


FIGURA 5.6.3 Histograma comparativo das freqüências do grau de assimetria dos sedimentos de fundo de 1988/1989 e 2003.

5.6.4 Curtose (K_G)

De modo geral, ao se comparar os dados de curtose dos sedimentos de fundo de 1988/1989 e 2003, observou-se que a classificação predominante passou de mesocúrtica, em 1988/1989, para muito leptocúrtica e extremamente leptocúrtica em 2003 (Figura 5.6.4).

Em 1988/1989, 28% das amostras de sedimento da Baía de Guaratuba eram mesocúrticas, sendo que 47% e 33% destas eram encontradas respectivamente no setor próximo à desembocadura e setor mediano, e os 20% restantes, localizaram-se no setor interno. Já em 2003, os sedimentos mesocúrticos foram observados somente em 13% das amostras coletadas, sendo estas encontradas, principalmente, no setor da desembocadura (39%) e no setor interno (33%).

Aproximadamente 21% das amostras coletadas em 1988/1989 apresentaram sedimentos platicúrticos e somente 2% apresentaram-se muito platicúrticos. Dos sedimentos platicúrticos, 64% ocorreram no setor interno e 27% no setor próximo à desembocadura, enquanto que os sedimentos muito platicúrticos foram encontrados somente no setor interno. Já em 2003, os sedimentos platicúrticos e muito platicúrticos apresentaram freqüências de 8% e 13% das amostras coletadas, sendo que a maioria dos sedimentos platicúrticos ocorreu no setore mediano (47%) e no setor próximo à desembocadura (32%) e os sedimentos muito platicúrticos localizaram-se principalmente nos setores mediano (55%) e interno (36%).

Em 1988/1989, os sedimentos leptocúrticos ocorreram em 19% das amostras coletadas, sendo encontrados em proporções iguais a 40% nos setores interno e mediano do estuário. Em 2003, estes sedimentos foram observados somente em 13% do total de sedimentos amostrados, os quais se localizaram principalmente nos setor da desembocadura (56%) e setor interno (28%) da baía.

Em 1988/1989, os sedimentos muito leptocúrticos e extremamente leptocúrticos ocorreram com freqüências iguais de 15% em relação ao total de amostras coletadas. Estes sedimentos foram encontrados principalmente no setor interno (50% e 88%), e em menores proporções no setor próximo à desembocadura (38% e 0%) e no setor mediano (12% e 12%). Já em 2003, os sedimentos muito leptocúrticos e extremamente leptocúrticos ocorrem com freqüências iguais de 27% em relação ao total de amostras coletadas. Os sedimentos muito leptocúrticos foram observados em iguais proporções nos setores mediano e próximo à desembocadura (ambos com 38%), e os 23% restantes localizaram-se no setor interno. Os sedimentos extremamente leptocúrticos ocorreram principalmente nos setores mediano (51%) e interno (26%).

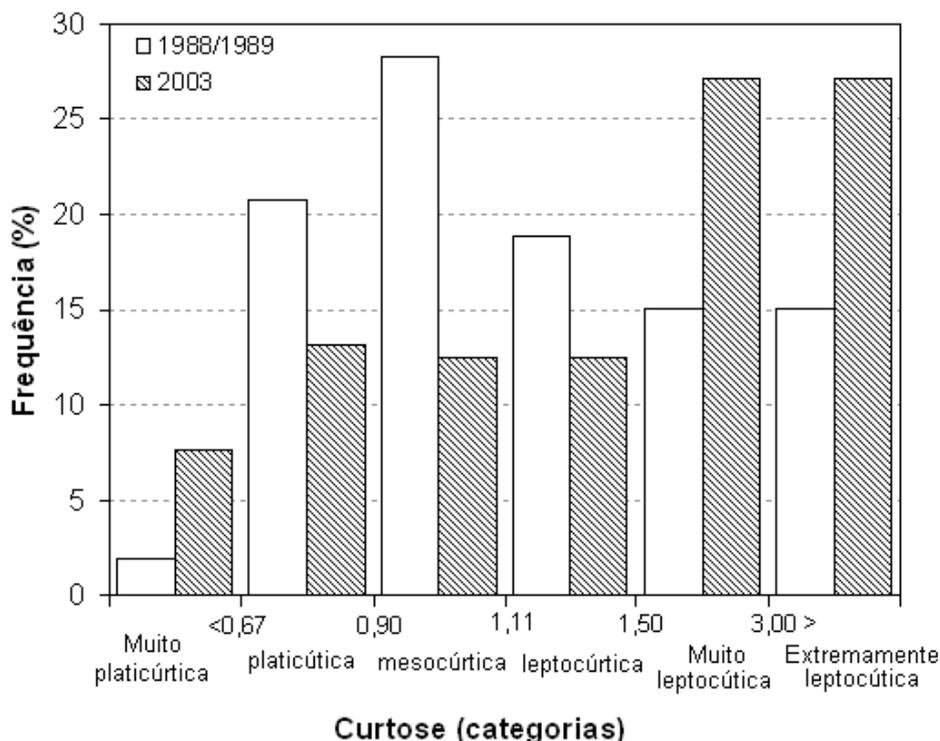


Figura 5.6.4 Histograma comparativo das medidas de curtose dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba nos anos de 1988/1989 e 2003.

5.7 Alterações da distribuição dos sedimentos de fundo entre 1988/1989 e 2003

As principais alterações na granulometria dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba, do período de 1988/1989 a 2003, ocorreram principalmente nos setores interno e mediano da baía. Nestes setores houve um aumento de depósitos de sedimentos finos pobremente selecionados (representados por siltes grossos e médios), além do engrossamento e melhor selecionamento das areias na foz dos rios Cubatão e São João, na cabeceira da baía, e na foz do Rio Guanxuma, um dos distributários do rio Cubatão na margem norte.

Estas mudanças poderiam ser atribuídas às discrepâncias entre as metodologias de análise granulométrica utilizadas para as amostras dos levantamentos de 1988/1989 e 2003, como foi descrito no item 5.6. Entretanto, as diferenças analíticas parecem não ter afetado significativamente os resultados a ponto de invalidar a análise comparativa dos sedimentos já que as diferenças observadas entre os levantamentos são inversas ao padrão geral esperado quando

consideradas as conseqüências do uso dos diferentes métodos de análises granulométrica. Ou seja, para as amostras do levantamento de 1988/1989, esperar-se-ia que os sedimentos apresentassem granulometria mais grossa do que os de 2003, por terem sido previamente secos em estufa antes eliminação da matéria orgânica, agregando as argilas, tendendo a aumentar o tamanho dos grãos, o que não aconteceu.

Desse modo, fatores ambientais e antrópicos podem estar associados com as mudanças observadas no padrão de distribuição dos sedimentos.

O decréscimo do diâmetro médio nos setores interno e mediano do estuário evidencia uma maior deposição de sedimentos finos, possivelmente relacionados ao aumento do aporte de sedimentos finos de origem fluvial. SANDERS (2005) verificou um taxa média sedimentação de 0,41cm/ano na Baía de Guaratuba, sendo considerado um valor baixo em relação a outros estuários do Brasil. Entretanto, este autor também observou uma tendência de incremento geral das taxas de sedimentação a partir da década de 1960, atribuindo este fato ao aumento das atividades agrícolas na região. Além disso, estas taxas foram ainda mais elevadas para os últimos 15 anos, com valores médios de 0,82 cm/ano e 0,56 cm/ano, para os setores interno e mediano da baía, respectivamente.

Segundo estudos realizados pela SUDERSHA (1998), o litoral do Paraná possui o maior índice potencial de perda de solo do Estado (cerca de 0,14 mm/ano), devido às características geológicas, climáticas e topográficas da região. Estas taxas podem ser ainda intensificadas devido ao desmatamento da Serra do Mar e planície adjacente para a implementação de atividades e agropecuárias, bem como pelas obras de canalização dos rios.

Deste modo, a interação dos fatores naturais com os de origem antrópica podem estar contribuindo para a degradação do solo, intensificando o aporte de sedimentos finos para a bacia de drenagem e conseqüentemente para o estuário da Baía de Guaratuba.

O aumento do diâmetro médio dos sedimentos de fundo na cabeceira do estuário pode estar relacionado com a intensificação sazonal da descarga fluvial em decorrência do regime de pluviosidade característico na região serrana à montante. Além disso, a proximidade da Serra do Mar caracteriza o grande poder erosivo dos rios da bacia de drenagem e o aumento da capacidade de transporte de sedimentos

grossos junto ao fundo. Segundo TODESCHINI (2004), o Rio Cubatão com seus aproximadamente 24,5 Km e grande declividade apresenta grande poder energético e erosivo. Provavelmente, o Rio Cubatão é o principal responsável pelo engrossamento dos sedimentos observados nesta região da baía. Isto pode ser reforçado pelo fato de que houve, também, um aumento do diâmetro médio dos sedimentos na foz do Rio Guanxuma, sendo que este é um dos braços distributários do Rio Cubatão. O aumento da granulometria dos sedimentos na cabeceira do estuário sugere o avanço da fácies fluvial sobre a estuarina, indicando um sutil e, aparentemente, progressivo preenchimento da baía.

Padrão similar de alterações na composição granulométrica e na distribuição de sedimentos de fundo foi observado por ODRESKI (2002) na Baía de Antonina, no Complexo Estuarino de Paranaguá (Paraná), localizado aproximadamente 35 km ao norte da Baía de Guaratuba. Este autor também notou um significativo engrossamento do diâmetro médio e uma melhoria no grau de seleção dos sedimentos ao comparar amostras de levantamentos de 1966 e 1995. ODRESKI (2002) atribui as mudanças ocorridas a fatores como: aumento da vazão do principal rio da região, devido a obras de interligação de bacias hidrográficas para geração de energia elétrica; à intensificação do desmatamento da Serra do Mar durante o período entre os levantamentos; e atividades de dragagem e despejo, com remobilização dos sedimentos de fundo e modificação da sua distribuição.

O setor mais externo da Baía de Guaratuba, compreendido entre a Ilha das Garças e a boca do estuário, mostrou-se relativamente estável quanto aos processos de sedimentação, evidenciado pela similaridade das características dos sedimentos em ambos os levantamentos. Segundo MARONE *et al.* (2005) esta região é dominada por correntes de alta intensidade (mais de 2 m/s), tanto pelas de maré enchente quanto pelas de vazante, causadas pela assimetria na propagação da onda de maré ao entrar e sair do estuário, sendo que as correntes de vazante são ainda mais fortes devido à contribuição da drenagem continental e das correntes residuais. Desse modo, as fortes correntes neste setor favorecem a ocorrência de depósitos de sedimentos não coesivos bem selecionados, bem como de processos erosivos evidenciados pela grande profundidade dos canais, principalmente na margem sul, próximo à cidade de Guaratuba e na boca da baía.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização morfológica e dos sedimentos de fundo da Baía de Guaratuba possibilitou obter uma visão geral da distribuição das fácies dentro do estuário, e conseqüentemente da distribuição de energia no sistema. A variabilidade espacial destas características resulta de uma interação complexa entre a hidrodinâmica, a geomorfologia e o leito estuarino, promovendo o desenvolvimento de fundos rasos nas regiões de menor energia hidrodinâmica, e canais e áreas profundas nas regiões de alta energia hidrodinâmica. Isto é o resultado de uma circulação bem definida que delimita as regiões onde dominam os processos fluviais, os processos marinhos e os processos de mistura.

A Baía de Guaratuba, apesar das peculiaridades observadas, parece obedecer a um padrão geral de sedimentação, tais como os apresentados em diversos modelos de dinâmica e distribuição de fácies de estuários.

Para estuários como a Baía de Guaratuba, os padrões de distribuição de sedimentos e as fácies estuarinas identificadas parecem concordar em grande parte com o modelo hidrodinâmico - faciológico proposto por DALRYMPLE *et al.* (1992), podendo ser classificado como um estuário dominado por marés. A partir deste modelo foi possível realizar algumas interpretações sobre a dinâmica sedimentar e identificar as regiões de domínio das principais forçantes ambientais que influenciam este estuário:

a) Compartimentação Morfológica: a Baía de Guaratuba apresenta duas regiões morfológicamente distintas, sendo a primeira representada pelas profundidades mais baixas (< 2,5 m) dos setores interno e mediano do estuário (M1), e a outra, pelas maiores profundidades (2,5 m a >15 m) do setor próximo à desembocadura (M2).

b) Compartimentação hidrodinâmico-faciológica: este estuário apresenta 3 compartimentos distintos: (HF1) Setor de domínio fluvial zona interna, inserido na região M1; (HF2) Setor de mistura de energia de energia ou zona central, onde ocorre a interação dos processos continentais e

marinhos (descarga fluvial e marés), também inserido na região M1 e; (HF3) Setor de domínio marinho ou zona externa, inserido na região M2.

Contudo, a presença de algumas feições morfológicas peculiares não descritas pelo modelo adotado, como o delta de cabeceira de baía formado pelo Rio Cubatão, indica uma significativa contribuição fluvial para o estuário. Além disso, outras particularidades foram observadas no estuário da Baía de Guaratuba, onde faciologias dispostas de modo invertido ao modelo de DALRYMPLE *et al.* (1992), indicam que a distribuição de energia funciona de maneira análoga à uma ampulheta invertida, onde o corpo central amplo, tem a função de amortizar os fluxos vindos das extremidades afuniladas, de alta energia hidrodinâmica, representadas pelas regiões da cabeceira e da boca da baía. Neste corpo central amplo (compartimento HF2) é, provavelmente, onde ocorrem os principais processos de mistura estuarina, com o desenvolvimento provável de uma zona de máxima turbidez.

Com relação à comparação dos sedimentos de fundo do levantamento efetuado por Barbosa (1991) com os deste trabalho (2003), mudanças granulométricas dos sedimentos de fundo foram observadas em um período de 15 anos (1988/1989 e 2003) principalmente nos setores interno e mediano da Baía de Guaratuba. Nestes setores, ficou evidenciado o decréscimo da granulometria e o empobrecimento no grau de selecionamento dos sedimentos. Entretanto, na região mais interna, observou-se o engrossamento dos sedimentos na foz dos rios Cubatão e São João, na cabeceira do estuário, bem como na foz do Rio Guanxuma, na margem norte do setor interno. Tais mudanças podem estar associadas tanto às alterações ambientais naturais, quanto antrópicas na bacia de drenagem, como por exemplo:

- a) Variações da vazão dos principais rios que deságuam no estuário, relacionadas a variabilidades sazonais e interanuais na pluviosidade, ou obras que modificam o curso dos rios da bacia de drenagem, podendo aumentar a capacidade de transporte de sedimentos grossos como carga de fundo, contribuindo para o engrossamento dos depósitos da cabeceira do estuário;

- b) desmatamento da Mata Atlântica para implementação das atividades agropecuárias na região, principalmente a partir da década de 1980, com a expansão do cultivo de banana na região serrana, da bovinocultura e aumento das lavouras de arroz na planície à montante da baía. Estas atividades comprovadamente promovem o aumento da erosão superficial do solo e o conseqüente incremento do aporte de sedimentos finos nos rios que deságuam na Baía de Guaratuba.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, P. Hidráulica Estuarina. In: **Obras e gestão de portos e costas: A técnica de aliada ao enfoque logístico e ambiental**. São Paulo: Edgard Blucher. 2005. p.165 - 204.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: Unisinos, 2003. 165p.

ANGULO, R. J. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. São Paulo, 1992. 334f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

AMADOR, E, da S. Sedimentos de Fundo da Baía de Guanabara: Uma síntese. In: CONGRESSO ABEQUA, 1992, Belo Horizonte. **Anais III**, 1992. p.199-224

BARBOSA, C. F. **Caracterização Biossedimentológica Quantitativa do Sistema Estuário-Manguezal da Baía de Guaratuba, PR**. São Paulo, 1991. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; MATOS, D. J.; WERNER, A. **A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento, Governo do Paraná, 1978. 248p.

BIGARELLA, J. J.; SILVA, J. X.; DUARTE, G. M. O desastre de Guaratuba: um estudo de Geomorfologia Aplicada. **Revista do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas**. n.14. p.5 -16. Curitiba, 1970.

BROWN, J.; COLLING, A. ; PARK, D. ; PHILLIPS, J.; ROTHERY, D.; WRIGHT, J. 1989. **Waves, Tides and Shallow-water processes**. Open University. Oxford, Pergamon, 187 pp.

CAMARGO, R.; MARONE, E.; SILVA DIAS, P. L. Detecção de Sinal de brisa no registro de vento de Pontal do Sul (PR). In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Campos do Jordão. **Anais**. 1996. p.1036-1040.

CAMARGO, R.; MARONE, E. Comportamento do vento de superfície em Pontal do Sul (PR, Brasil): análise preliminar. In: VI CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR. Mar Del Plata. **Resumos**.1995, p.63.

CAMARGO, M.G. **SysGram para Windows**: Sistema de análises granulométricas. Pontal do Sul, 1999. 2 disquetes de 5^{1/4}.

COIMBRA, A.M.; GÓES, A. M.; YAMAMOTO, J. K. **Análise granulométrica de sedimentos: Apontamentos de sedimentologia**. São Paulo: USP, 1991. 28p.

DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B.A.; BOYD, R. Estuarine facies models: Conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Petrology**, n. 62. 1130 – 1146, 1992.

DHN - DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Carta Náutica “Baía de Guaratuba” – da DHN Marinha do Brasil**, Curitiba, 1996. 1:50.000.

DIAS, J.M.A. 2004. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Versão Preliminar. Disponível em: [http:// w3.ualg.pt/~jdias](http://w3.ualg.pt/~jdias).

DYER, K. R. Sediment transport processes in estuaries. In: PERILLO, G.M.E. **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Amsterdam: Elsevier. 1996. p.423 - 447.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, n.27, p.3-27,1957.

FUCK, R. A., MURATORI, A.; TREIN, E. Guaratuba – Folha Geológica XXV-14 . Paraná, Comissão da Carta Geológica do Paraná, 1969, Escala 1:70.000.

GIANNINI, P. C. F.; RICCOMINI, C. Sedimentos e processos sedimentares. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p.168-190.

GOBBI, E. F. Processo erosivo na Ilha do Mel – litoral do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais** 13,1999, 20p.

GOLDEN SOFTWARE INC. **User's guide**. Colorado: USA. 1999. 619 p.

IBGE. 2005. **Censo demográfico 2002: Resultados do Universo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 3/06/2005.

_____. **Censo Demográfico 2002: produção agrícola por município**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 18 de agosto 2005.

IPARDES. **Zoneamento do litoral paranaense**. Curitiba: Fundação Edson Vieira. 1989. 175 p.

JAKOBI, H. Sobre Distribuição da salinidade e do pH na Baía de Guaratuba. Arquivos do Museu Paranaense, 1953. 10(1), p. 03-35.

LESSA, G. C.; ANGULO, R. J.; GIANINNI, P. C. F.; ARAÚJO, A. D. **Estratigraphy and Hlocene Evolution of a Regressive Barrier in South Brazil**. Marine Geology. Amsterdam: Elsevier.,V.165,N. 1-4, P.87-108. 2000.

LIMA, R. E.; NEGRELLE, R. R. B. **Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: diagnóstico**. Curitiba: UFPR, 1998. 258p.

MARONE, E.; NOERNBERG, M.; LAUTERT, L.; DOS SANTOS, I.; ANDREOLI.O.; BUBA, H. and FILL, H. Hidrodinámica de la bahía de Guaratuba - PR, Brasil. XXV CONGRESO DE CIENCIAS DEL MAR DE CHILE Y XI CONGRESO LATINO AMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR. Viña Del Mar, Chile. **Anais**, 2005.p.165,

MARTIN, I.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. **Mapa Geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina: texto explicativo**. Brasília, DNOM. (Série Geológica, 28; Seção Geologia Básica, 18), 1988. 40p

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S/A (ATLAS GEOLÓGICO DO PARANÁ). Secretaria de Indústria, do Comércio e do Turismo. Governo do Paraná. Curitiba: Mineropar, 2001, 125p. 1 CD-ROM

MONTEIRO, C. A. F. **Clima**. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Geografia do Brasil . Rio de Janeiro: IBGE. 1963. p.117-158.

NOERNBERG, M. A.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. de C.; BRANDINI, N.; ANGELOTTI, R. Caracterização da estratificação salina na Baía de Guaratuba-PR. p.224. **Livro de resumos**. CBO (CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA). Itajaí, 2004.

ODRESKI, L. L.R. Evolução sedimentar e batimétrica da Baía de Antonina – PR. (Dissertação) Mestrado em Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002. 79f.

PERILLO, G. M. E. Geomorphology and Sedimentology of Estuaries: An Introduction. In: _____. **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Amsterdam: Elsevier. 1996. p.1-15.

PONZI, V. R. A. Sedimentação Marinha. In: NETO, J. A. B.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p.219-241.

PORTOBRAS - EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL. Campanha de medições de ondas em Paranaguá – PR, período 21.08.1982 a 21.01.1983. Relatório 1983. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Pesquisa Hidrográfica. (INPH), Div. Lev. (DIDELE), 23p.

PRITCHARD, D.W. What is an estuary? Physical viewpoint. In: LAUFF, G.H. **Estuaries**. American Association for the Advancement of Science, n. 83, p. 3-5. 1967.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. Fundação Universidade do Rio Grande. Rio Grande: Museu Oceanográfico, 1985. 329p.

SALAMUNI, R.; BIGARELLA, J. J. Notas Complementares à planta geológica provisória da Baía de Guaratuba (PR). **Boletim Universidade Federal do Paraná, Geologia**. Curitiba, n. 8, p.1-6, 1962.

SANDERS, C. J. **Taxas de sedimentação, acumulação e fluxos de mercúrio na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil**. Niterói, 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica), Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; NETO, J. A. B.; PONZI, R. A. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: NETO, J. A. B.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência. 2004. p.175 -219.

SOARES, R. C.; ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. **Roteiro da Excursão ao Litoral do Estado do Paraná: Morfodinâmica de Ambientes Atuais, Evolução da Planície durante o Quaternário e Problemas de Erosão Costeira**. Curitiba: VI Congresso da Associação Brasileira do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da **América do Sul**, pp. 127, (Publicação especial n. 02),1997.

SUDERHSA - (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do ano de publicação, 1998 (26 mapas)**. Disponível em www.pr.gov.br/meioambiente/suderhsa/atlas_recursos.shtml. Acesso em 1/08/2005.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia e áreas afins**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1998. 1217p

_____ **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher. 1973. 316p

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M ; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, V.15, N.4, P.273-286, 1985

TODESCHINI, M. E. **Dinâmica espacial e temporal das características físicas e químicas do Rio Cubatão e ordenação espacial da bacia hidrográfica**. Curitiba, 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

WELLS, J.T. Tide-dominated estuaries and tidal rivers. In: PERILLO, G.M.E. **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Amsterdam: Elsevier. 1996. p.179-202.

ZEM, R.; MARONE, E.; PATCHINEELAM, S. M. Síntesis comparativa de métodos de análisis granulométrico de sedimentos. XXV CONGRESO DE CIENCIAS DEL MAR DE CHILE Y XI CONGRESO LATINO AMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR DE CHILE, VIÑA DEL MAR, Chile. **Anais**, 2005. p.211.

ANEXO I

DADOS DO LEVANTAMENTO DE SEDIMENTOS DE FUNDO DE 2003

Dados do levantamento 2003

Amostra	Latitude	Longitude	Diam. médio	Seleção	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	% M.O	% CaCO ₃	
Z1	25 52 4.45	S 48 43 27.25	W	0,94	0,78	-0,04	0,92	0,75	99,25	0,00	0,00	3,71	1,70
Z2	25 52 5.90	S 48 43 14.18	W	1,51	0,75	-0,18	1,07	0,00	100,00	0,00	0,00	0,26	1,97
Z3	25 52 6.84	S 48 43 1.45	W	1,78	1,09	0,33	1,03	0,00	94,86	5,14	0,00	4,41	2,73
Z4	25 51 57.73	S 48 42 58.35	W	5,45	1,82	-0,44	0,99	0,00	22,93	71,36	5,71	18,79	3,64
Z5	25 51 52.82	S 48 42 50.33	W	0,53	0,94	0,01	0,87	3,88	95,12	1,00	0,00	0,07	1,96
Z6	25 52 8.12	S 48 42 43.98	W	2,23	1,63	0,26	2,01	0,15	88,61	7,16	4,09	3,53	2,69
Z7	25 52 18.04	S 48 42 43.71	W	3,73	1,47	0,66	2,27	0,00	77,67	17,01	5,32	8,88	5,40
Z8	25 52 27.43	S 48 42 43.40	W	0,44	0,86	0,06	1,16	3,57	96,43	0,00	0,00	5,23	3,25
Z9	25 52 25.06	S 48 42 22.01	W	2,78	1,40	0,16	3,85	0,19	88,36	7,29	4,16	4,28	2,82
Z10	25 52 13.57	S 48 42 22.35	W	3,29	2,56	0,47	1,84	1,27	78,10	13,41	7,22	6,86	10,60
Z11	25 51 54.09	S 48 42 42.08	W	1,10	1,40	0,29	2,40	0,73	93,11	4,10	2,05	2,26	3,06
Z12	25 52 13.29	S 48 42 4.40	W	3,91	1,72	0,73	1,60	0,00	73,86	18,82	7,32	8,86	5,92
Z13	25 52 24.88	S 48 42 3.92	W	1,70	1,74	-0,23	1,37	5,27	87,71	3,01	4,01	1,56	3,39
Z14	25 52 24.11	S 48 41 46.35	W	2,77	1,65	0,04	3,06	1,26	86,38	7,21	5,15	3,63	6,53
Z15	25 52 9.20	S 48 41 46.06	W	3,97	1,72	0,71	1,68	0,00	73,51	18,02	8,48	1,80	7,90
Z16	25 51 56.76	S 48 41 46.76	W	5,87	2,13	0,04	0,53	0,00	34,10	38,34	27,56	30,17	21,18
Z17	25 51 49.59	S 48 41 28.78	W	3,61	1,72	0,63	2,24	0,00	78,20	12,94	8,85	19,33	8,46
Z18	25 52 2.83	S 48 41 28.52	W	5,11	2,10	0,59	0,63	0,00	48,66	34,57	16,76	18,02	7,72
Z19	25 52 12.73	S 48 41 28.29	W	4,69	1,91	0,73	0,91	0,00	59,32	27,83	12,85	11,28	1,92
Z20	25 52 23.83	S 48 41 28.33	W	4,08	1,84	0,52	0,95	0,34	65,68	30,80	3,19	21,80	4,15
Z21	25 52 29.82	S 48 41 11.20	W	2,98	1,06	0,66	4,47	0,00	86,40	8,37	5,23	2,63	4,20
Z22	25 52 11.70	S 48 41 11.45	W	5,16	2,07	0,57	0,71	0,00	47,18	35,91	16,90	9,67	3,94
Z23	25 52 2.55	S 48 41 10.87	W	4,72	2,09	0,78	0,80	0,00	61,88	23,30	14,82	9,37	3,84
Z24	25 51 48.53	S 48 41 11.14	W	4,04	1,84	0,68	2,24	0,00	75,57	13,81	10,62	7,70	0,44
Z25	25 51 34.22	S 48 40 53.76	W	3,92	2,09	0,39	1,28	4,59	68,44	23,85	3,11	3,61	19,16
Z26	25 51 47.46	S 48 40 53.07	W	4,18	2,04	0,60	1,50	0,86	69,10	18,64	11,39	12,53	6,31
Z27	25 52 2.26	S 48 40 52.79	W	4,12	1,67	0,76	2,38	0,00	74,44	16,36	9,20	11,69	6,11
Z28	25 52 12.15	S 48 40 52.59	W	5,13	2,17	0,62	0,61	0,00	49,74	29,32	20,94	11,52	5,01
Z29	25 52 26.39	S 48 40 52.27	W	2,97	1,10	0,51	3,67	0,08	87,35	8,38	4,19	4,51	4,51
Z30	25 52 28.10	S 48 40 34.32	W	3,87	1,59	0,72	3,23	0,00	78,46	13,33	8,20	4,76	5,14
Z31	25 52 11.86	S 48 40 34.64	W	4,54	1,93	0,79	1,29	0,00	67,59	19,86	12,55	10,03	5,57
Z32	25 51 55.62	S 48 40 34.96	W	5,63	2,10	0,28	0,55	0,00	39,48	36,57	23,96	11,36	7,03

Dados do levantamento 2003 continuação

Amostra	Latitude	Longitude	Diam. médio	Seleção	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	%M.O	% CaCO ₃	
Z33	25 51 35.49	S 48 40 35.65	W	3,31	1,84	0,22	4,33	6,75	75,60	13,50	4,15	11,23	10,43
Z34	25 51 19.78	S 48 40 17.86	W	3,79	1,86	0,77	3,21	0,02	78,98	11,00	10,00	13,66	14,58
Z35	25 51 34.42	S 48 40 17.58	W	3,35	1,16	0,50	5,05	0,03	84,47	8,27	7,23	5,32	8,49
Z36	25 51 55.33	S 48 40 17.00	W	4,32	2,02	0,55	0,75	0,25	55,36	38,84	5,55	8,87	5,72
Z37	25 52 11.57	S 48 40 16.69	W	3,31	1,22	0,65	3,31	0,00	83,39	11,42	5,19	4,56	4,19
Z38	25 52 21.36	S 48 40 15.94	W	3,69	1,44	0,68	3,43	0,00	80,27	14,54	5,19	15,44	6,32
Z39	25 52 36.44	S 48 39 57.64	W	4,88	1,95	0,68	0,74	0,00	52,69	34,11	13,20	9,87	4,08
Z40	25 52 34.94	S 48 39 57.62	W	3,71	1,61	0,82	2,37	0,00	76,19	14,49	9,32	10,21	4,13
Z41	25 52 20.41	S 48 39 58.61	W	2,89	0,65	0,57	3,93	0,00	90,89	7,09	2,02	1,70	4,59
Z42	25 52 8.20	S 48 39 59.35	W	3,62	1,48	0,69	3,46	0,00	79,83	9,55	10,62	7,49	5,31
Z43	25 51 57.05	S 48 39 59.14	W	4,68	1,57	0,24	0,59	0,02	47,93	47,88	4,16	10,66	6,18
Z44	25 51 31.60	S 48 39 59.72	W	3,96	1,89	0,64	2,29	0,07	76,17	13,43	10,33	8,13	6,88
Z45	25 51 31.31	S 48 39 41.57	W	4,23	2,27	0,55	1,08	0,05	64,75	23,16	12,04	10,62	13,63
Z46	25 51 54.75	S 48 39 41.10	W	4,63	1,90	0,76	0,76	0,00	59,09	29,66	11,25	16,01	6,36
Z47	25 52 5.78	S 48 39 40.87	W	2,92	1,14	0,47	3,69	0,00	89,67	5,16	5,16	3,66	2,59
Z48	25 52 19.93	S 48 39 40.66	W	2,96	0,58	0,52	2,01	0,47	91,30	6,18	2,06	6,23	2,91
Z49	25 52 27.49	S 48 39 39.90	W	2,97	0,71	0,56	2,40	0,00	89,45	10,55	0,00	6,52	2,02
Z50	25 52 34.63	S 48 39 39.97	W	3,81	1,41	0,73	3,19	0,00	77,99	14,67	7,34	6,90	1,78
Z51	25 52 43.18	S 48 39 22.19	W	4,81	2,10	0,83	0,90	0,00	65,10	19,26	15,65	10,54	3,85
Z52	25 52 32.81	S 48 39 21.46	W	3,43	1,09	0,53	3,73	0,00	84,13	10,55	5,33	1,96	7,10
Z53	25 52 19.45	S 48 39 22.72	W	3,12	1,12	0,78	6,57	0,00	84,41	11,69	3,90	1,77	3,40
Z54	25 52 5.88	S 48 39 23.19	W	3,03	0,76	0,45	2,43	0,00	91,77	4,12	4,12	2,56	4,29
Z55	25 51 54.46	S 48 39 23.15	W	2,96	0,80	0,62	3,29	0,07	87,39	12,54	0,00	8,29	4,07
Z56	25 51 30.65	S 48 39 23.83	W	4,77	2,26	0,74	0,71	0,00	57,69	24,77	17,54	14,31	3,46
Z57	25 51 0.03	S 48 39 24.43	W	4,47	1,88	0,71	1,08	0,00	63,22	25,35	11,43	10,61	10,30
Z58	25 51 5.45	S 48 39 6.17	W	4,91	2,04	0,51	0,62	0,00	49,36	41,14	9,49	6,30	6,11
Z59	25 51 26.45	S 48 39 5.96	W	3,21	1,37	0,73	4,62	0,00	83,50	7,22	9,28	4,95	4,21
Z60	25 51 54.17	S 48 39 5.20	W	5,34	2,20	0,09	0,68	0,12	43,52	43,04	13,32	15,87	9,68
Z61	25 52 5.98	S 48 39 5.08	W	3,23	1,27	0,77	3,76	0,00	83,41	9,33	7,26	4,67	3,53
Z62	25 52 18.60	S 48 39 4.78	W	4,56	1,99	0,78	1,10	0,00	67,77	19,75	12,48	9,91	6,45
Z63	25 52 33.30	S 48 39 4.59	W	4,37	1,70	0,78	0,76	0,00	70,12	23,70	6,18	10,90	2,40
Z64	25 52 42.89	S 48 39 4.24	W	3,87	1,46	0,75	3,73	0,00	79,17	12,50	8,33	5,75	3,61

Dados do levantamento 2003 continuação

Amostra	Latitude	Longitude	Diam. médio	Seleção	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	% M.O	% CaCO ₃
Z65	25 52 42,60	S 48 38 46,29	W	4,91	2,12	0,84	0,75	62,39	19,31	18,30	8,16	6,12
Z66	25 52 29,03	S 48 38 49,29	W	3,20	0,93	0,42	3,21	88,48	9,43	2,10	3,85	1,92
Z67	25 52 17,17	S 48 38 46,85	W	5,61	1,93	-0,22	0,64	30,39	60,91	8,70	25,06	9,75
Z68	25 52 5,30	S 48 38 46,98	W	4,14	1,59	0,80	2,84	75,63	14,83	9,53	6,59	6,08
Z69	25 51 53,88	S 48 38 47,25	W	4,36	1,50	0,68	0,59	59,94	38,84	1,05	5,27	7,89
Z70	25 51 37,64	S 48 38 47,57	W	4,36	1,72	0,85	1,53	71,49	16,89	11,61	8,22	4,33
Z71	25 51 21,40	S 48 38 47,90	W	3,37	1,64	0,63	3,37	81,26	10,41	8,33	7,02	5,08
Z72	25 51 11,77	S 48 38 48,29	W	5,87	2,11	-0,21	0,59	29,47	52,90	17,63	28,14	9,25
Z73	25 51 21,11	S 48 38 29,95	W	2,65	1,35	0,30	2,61	89,95	5,03	5,03	13,41	4,20
Z74	25 51 37,35	S 48 38 29,62	W	2,97	0,97	0,60	3,86	90,69	5,17	4,14	4,05	3,92
Z75	25 51 53,59	S 48 38 29,30	W	4,06	1,56	0,69	0,91	71,13	28,87	0,00	7,11	5,51
Z76	25 52 9,83	S 48 38 28,98	W	4,60	1,90	0,75	0,87	58,39	34,30	7,28	13,92	6,17
Z77	25 52 25,19	S 48 38 30,66	W	3,96	1,70	0,73	1,74	73,62	17,94	8,44	5,32	4,45
Z78	25 52 35,81	S 48 38 28,47	W	4,10	1,62	0,75	1,90	72,78	17,80	9,42	3,07	6,18
Z79	25 52 25,78	S 48 38 10,71	W	3,11	1,15	0,66	3,70	85,66	7,17	7,17	3,78	4,14
Z80	25 51 53,30	S 48 38 11,35	W	2,93	0,67	0,17	2,42	90,09	4,10	2,05	4,56	4,52
Z81	25 51 37,06	S 48 38 11,67	W	3,02	0,50	0,34	1,43	93,91	5,08	1,02	3,11	3,38
Z82	25 51 20,82	S 48 38 12,00	W	3,62	1,86	0,54	4,01	77,54	9,08	10,09	5,77	9,90
Z83	25 51 20,53	S 48 37 54,05	W	3,54	1,52	0,83	3,69	82,62	8,18	9,20	3,35	4,20
Z84	25 51 36,77	S 48 37 53,73	W	3,27	1,27	0,70	3,53	83,42	8,29	8,29	2,70	5,18
Z85	25 51 53,01	S 48 37 53,40	W	2,97	0,58	0,43	1,89	94,67	2,06	3,10	2,32	5,60
Z86	25 52 25,49	S 48 37 52,75	W	3,18	1,66	0,37	5,08	80,05	9,01	7,00	5,13	11,74
Z87	25 52 18,61	S 48 37 35,02	W	2,65	1,37	-0,01	3,47	84,84	3,99	3,00	12,50	12,73
Z88	25 51 52,71	S 48 37 35,45	W	2,94	0,76	0,53	2,90	91,46	6,27	2,09	5,18	4,92
Z89	25 51 36,47	S 48 37 35,78	W	5,45	2,15	-0,31	0,66	36,96	51,22	11,50	14,28	8,66
Z90	25 51 10,09	S 48 37 36,49	W	5,27	1,68	-0,18	0,69	35,08	57,59	7,33	13,22	5,23
Z91	25 51 3,70	S 48 37 18,48	W	4,41	1,93	0,76	1,12	68,35	18,99	12,66	8,13	4,41
Z92	25 51 44,37	S 48 37 17,79	W	2,08	2,17	0,06	2,40	71,80	9,30	5,81	8,80	9,43
Z93	25 52 1,34	S 48 37 17,45	W	2,69	0,91	0,57	2,01	89,81	7,11	3,05	2,86	2,97
Z94	25 52 14,45	S 48 37 17,19	W	2,95	0,42	0,07	1,04	96,71	2,02	1,01	1,65	4,40
Z95	25 52 21,76	S 48 37 24,51	W	2,84	0,27	0,27	1,18	98,98	0,00	1,02	1,28	2,57
Z96	25 52 30,91	S 48 37 27,35	W	2,98	1,44	0,37	3,26	84,68	7,08	8,10	3,66	4,64

Dados do levantamento 2003 continuação

Amostra	Latitude	Longitude	Diam. médio	Seleção	Assimetria	Curtose	% Cascvalho	% Areia	% Silte	% Argila	%M.O	% CaCO ₃
Z97	25 52 42.60	S 48 38 46.29	WV	2,73	0,46	0,06	0,85	0,38	97,61	1,00	1,10	2,05
Z98	25 52 29.03	S 48 38 49.29	WV	2,60	1,04	0,41	1,73	0,15	91,73	6,09	2,03	3,08
Z99	25 52 17.17	S 48 38 46.85	WV	4,06	2,72	-0,07	0,78	13,65	35,81	46,33	4,21	8,86
Z100	25 52 5.30	S 48 38 46.98	WV	3,45	1,45	0,82	3,57	0,00	81,39	10,34	8,27	4,23
Z101	25 51 53.88	S 48 38 47.25	WV	4,42	2,34	0,73	0,81	0,00	71,46	14,80	13,74	7,66
Z102	25 51 37.64	S 48 38 47.57	WV	4,63	2,01	0,76	0,93	0,00	57,35	29,13	13,52	5,44
Z103	25 51 21.40	S 48 38 47.90	WV	3,42	1,35	0,69	3,60	0,00	83,47	8,26	6,54	3,39
Z104	25 51 11.77	S 48 38 48.29	WV	4,76	2,02	0,86	1,10	0,00	65,99	19,13	14,88	6,57
Z105	25 51 21.11	S 48 38 29.95	WV	3,53	1,62	0,64	2,87	1,17	77,74	12,32	8,77	9,66
Z106	25 51 37.35	S 48 38 29.62	WV	2,54	0,43	0,31	0,89	0,08	98,90	0,00	1,01	9,22
Z107	25 51 53.59	S 48 38 29.30	WV	2,89	0,56	0,33	2,25	0,08	93,88	3,02	3,02	6,90
Z108	25 52 9.83	S 48 38 28.98	WV	2,76	0,97	0,03	1,60	0,15	91,67	6,14	2,05	2,24
Z109	25 52 25.19	S 48 38 30.66	WV	2,58	0,44	0,23	0,89	0,00	97,97	1,02	1,02	2,24
Z110	25 52 35.81	S 48 38 28.47	WV	3,29	1,53	0,65	2,97	0,10	82,49	10,24	7,17	12,30
Z111	25 52 25.78	S 48 38 10.71	WV	4,06	1,89	0,85	1,48	0,00	72,56	16,26	11,18	4,59
Z112	25 51 53.30	S 48 38 11.35	WV	4,90	2,36	0,68	0,70	0,00	62,10	17,90	20,00	4,18
Z113	25 51 37.06	S 48 38 11.67	WV	2,59	1,46	0,14	4,39	6,34	85,40	4,13	4,13	6,13
Z114	25 51 20.82	S 48 38 12.00	WV	3,05	1,15	0,34	3,86	2,95	85,78	5,18	6,09	7,85
Z115	25 51 20.53	S 48 37 54.05	WV	2,94	0,95	0,59	4,22	0,44	91,37	4,09	4,09	6,30
Z116	25 51 36.77	S 48 37 53.73	WV	2,51	1,20	0,22	1,55	0,02	91,80	6,14	2,05	1,96
Z117	25 51 53.01	S 48 37 53.40	WV	3,00	0,56	0,19	1,52	0,03	93,92	3,03	3,03	4,19
Z118	25 52 25.49	S 48 37 52.75	WV	2,61	1,23	0,34	2,16	0,03	91,76	4,11	4,11	3,35
Z119	25 52 18.61	S 48 37 35.02	WV	2,56	1,27	0,55	3,72	0,29	90,52	3,07	6,13	3,77
Z120	25 51 52.71	S 48 37 35.45	WV	2,53	0,64	0,03	1,74	2,69	92,30	3,00	2,00	8,77
Z121	25 51 36.47	S 48 37 35.78	WV	2,71	1,06	-0,34	4,09	5,33	90,53	3,11	1,04	5,75
Z122	25 51 10.09	S 48 37 36.49	WV	1,87	0,59	0,17	1,37	0,00	97,95	1,03	1,03	3,24
Z123	25 51 3.70	S 48 37 18.48	WV	2,47	0,38	0,28	0,92	0,00	98,97	1,03	0,00	3,50
Z124	25 51 44.37	S 48 37 17.79	WV	2,70	0,46	0,03	1,02	0,13	96,77	1,04	2,07	4,72
Z125	25 52 1.34	S 48 37 17.45	WV	3,03	0,75	0,48	2,39	0,00	89,60	7,28	3,12	3,48
Z126	25 52 14.45	S 48 37 17.19	WV	3,00	0,89	0,59	3,17	0,00	88,72	9,23	2,05	4,20
Z127	25 52 21.76	S 48 37 24.51	WV	2,82	0,37	0,10	1,45	0,36	96,59	1,02	2,03	4,02
Z128	25 52 30.91	S 48 37 27.35	WV	2,67	0,74	0,31	1,34	1,13	94,29	1,69	2,88	5,31

Dados do levantamento 2003 continuação

Amostra	Latitude	Longitude	Diam. médio	Seleção	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	% M.O	% CaCO ₃	
Z129	25 51 17.86	S 48 35 12.51	W	3,03	1,05	0,49	3,60	0,00	88,77	6,13	5,11	3,78	5,07
Z130	25 50 28.85	S 48 34 55.56	W	2,65	0,35	-0,09	1,20	0,00	100,00	0,00	0,00	0,74	2,34
Z131	25 50 45.09	S 48 34 55.23	W	1,26	1,61	-0,61	2,44	16,91	81,06	1,02	1,02	0,83	20,26
Z132	25 51 1.33	S 48 34 54.90	W	2,82	0,26	0,24	1,16	0,00	98,97	1,03	0,00	0,73	2,56
Z133	25 51 41.04	S 48 34 54.33	W	2,43	0,38	0,34	1,05	0,04	99,96	0,00	0,00	3,32	2,25
Z134	25 51 59.38	S 48 34 54.39	W	2,34	0,59	-0,11	1,28	0,62	98,37	1,01	0,00	4,47	6,25
Z135	25 52 16.14	S 48 34 53.61	W	2,75	0,73	0,32	1,65	0,08	92,90	3,01	4,01	6,22	5,96
Z136	25 52 11.94	S 48 34 35.59	W	3,33	1,17	0,71	2,75	0,00	82,72	16,26	1,02	1,67	5,67
Z137	25 51 58.68	S 48 34 35.86	W	2,60	0,43	0,05	0,98	0,01	96,58	2,11	1,30	0,95	3,76
Z138	25 51 40.75	S 48 34 36.66	W	2,51	1,39	-0,06	2,92	5,38	86,27	8,36	0,00	7,10	6,12
Z139	25 51 12.93	S 48 34 36.56	W	1,16	1,57	-0,17	0,44	25,37	70,60	3,02	1,01	3,15	12,52
Z140	25 51 23.38	S 48 34 19.15	W	2,53	0,46	0,11	1,05	0,11	96,83	2,04	1,02	1,95	3,06
Z141	25 51 37.09	S 48 34 19.37	W	1,37	0,57	0,16	1,29	0,13	98,86	1,01	0,00	2,56	2,07
Z142	25 51 53.37	S 48 34 18.71	W	1,84	0,43	0,21	1,72	0,05	97,93	1,01	1,01	1,28	1,73
Z143	25 51 38.81	S 48 34 0.43	W	1,14	0,91	-0,11	1,30	3,84	95,13	1,03	0,00	2,22	9,60
Z144	25 51 31.45	S 48 34 0.60	W	0,61	1,25	-0,03	1,14	15,54	84,46	0,00	0,00	6,23	12,76

ANEXO II

DADOS DO LEVANTAMENTO DE SEDIMENTOS DE FUNDO DE 1988/1989
REALIZADO POR BARBOSA (1991)

Dados do Levantamento de 1988/1989

Amostras	Latitude	Longitude	Média	Seleção	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	
2001	25 52 2.92	S 48 43 33.14	W	0,72	0,69	-0,06	1,12	1,36	98,64	0,00	0,00
2002	25 52 3.80	S 48 43 22.24	W	4,33	1,82	0,69	1,50	0,00	64,68	23,55	11,77
2003	25 52 3.28	S 48 43 9.54	W	1,46	0,65	0,25	1,03	0,04	99,86	0,11	0,00
2004	25 52 9.33	S 48 42 59.60	W	0,17	0,86	-0,08	0,81	11,90	87,92	0,17	0,00
2005	25 52 35.70	S 48 42 23.64	W	5,09	2,10	0,68	0,75	0,16	52,95	29,31	17,58
2006	25 52 34.71	S 48 42 27.61	W	4,57	1,83	0,82	1,34	0,00	71,42	19,05	9,53
2007	25 52 30.61	S 48 42 27.90	W	3,52	0,59	0,54	2,17	0,00	85,14	14,86	0,00
2008	25 52 26.42	S 48 42 28.30	W	3,48	0,29	0,23	1,08	0,00	93,68	6,32	0,00
2009	25 52 22.72	S 48 42 28.80	W	3,04	1,96	0,03	3,55	1,64	81,24	13,32	3,81
2010	25 52 16.85	S 48 42 30.09	W	1,97	1,33	0,09	0,71	0,94	93,82	5,24	0,00
2011	25 52 9.22	S 48 42 32.37	W	4,13	1,55	0,72	3,38	0,00	78,94	11,49	9,57
2012	25 52 5.47	S 48 42 34.69	W	2,74	1,60	0,13	2,70	0,07	87,15	7,30	5,47
2013	25 52 1.59	S 48 42 39.46	W	2,89	0,76	-0,04	1,05	0,00	91,40	8,60	0,00
2014	25 51 56.44	S 48 42 45.11	W	5,58	2,03	0,45	0,64	0,00	25,29	51,72	22,99
2015	25 52 27.92	S 48 42 21.44	W	3,35	0,49	-0,20	1,40	0,07	98,83	1,10	0,00
2016	25 52 21.59	S 48 41 58.50	W	3,97	1,87	0,62	1,51	0,00	71,46	19,03	9,51
2017	25 52 21.65	S 48 41 26.57	W	3,41	0,77	0,50	3,70	0,00	86,09	13,91	0,00
2018	25 51 44.85	S 48 41 30.16	W	3,45	1,48	0,69	2,01	0,00	70,94	21,31	7,75
2019	25 51 38.95	S 48 41 39.25	W	5,04	2,33	0,38	0,74	0,17	43,87	38,74	17,22
2020	25 51 30.27	S 48 41 5.78	W	6,44	1,91	-0,06	0,70	0,00	11,16	56,86	31,98
2021	25 52 30.45	S 48 40 31.61	W	3,94	0,85	0,51	4,93	0,00	87,34	10,85	1,81
2022	25 52 27.19	S 48 40 29.43	W	3,03	1,53	0,80	6,19	0,00	81,06	9,47	9,47
2023	25 52 23.66	S 48 40 25.87	W	2,88	0,75	0,49	3,84	0,00	86,09	13,91	0,00
2024	25 52 18.58	S 48 40 20.95	W	2,58	0,84	0,50	4,06	0,00	90,55	5,67	3,78
2025	25 52 6.64	S 48 40 20.55	W	2,64	0,57	-0,10	0,88	0,00	53,02	32,85	14,13
2026	25 51 49.40	S 48 40 16.61	W	2,99	0,36	-0,17	0,84	0,00	100,00	0,00	0,00
2027	25 52 26.54	S 48 40 4.35	W	2,47	0,80	-0,31	0,79	0,03	99,97	0,00	0,00
2028	25 52 14.53	S 48 39 59.68	W	2,10	0,81	-0,28	1,22	0,11	99,89	0,00	0,00
2029	25 51 53.51	S 48 39 41.30	W	4,62	1,68	0,69	0,99	0,00	57,76	32,18	10,06
2030	25 51 29.67	S 48 39 43.37	W	3,35	1,25	0,32	3,04	0,00	80,95	15,24	3,81
2031	25 50 51.69	S 48 39 33.55	W	4,05	1,82	0,76	1,10	0,00	59,40	29,80	10,80
2032	25 50 49.64	S 48 39 1.34	W	4,60	1,82	0,76	1,10	0,00	58,47	29,91	11,54
2035	25 52 24.94	S 48 37 25.81	W	3,09	0,29	-0,07	1,10	0,00	99,30	0,70	0,00

Dados do Levantamento de 1988/1989 continuação

Amostras	Latitude	Longitude	Média	Seleção	Assimetria	Curiose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
2037	25 51 40.52 S	48 38 21.37 W	3,12	0,30	-0,16	1,26	0,00	99,46	0,54	0,00
2038	25 51 21.57 S	48 38 1.35 W	3,12	0,43	0,20	1,22	0,00	92,63	7,37	0,00
2039	25 51 12.30 S	48 37 46.69 W	4,51	1,77	0,82	1,30	0,00	67,03	21,33	11,64
2040	25 51 3.25 S	48 38 10.58 W	3,00	0,27	0,02	1,00	0,17	99,83	0,00	0,00
2041	25 52 11.91 S	48 36 4.60 W	2,10	0,80	-0,29	1,27	0,11	98,91	0,00	0,00
2042	25 52 4.52 S	48 36 11.37 W	2,62	0,56	-0,11	0,99	0,00	99,65	0,35	0,00
2043	25 51 49.63 S	48 35 58.43 W	2,95	0,27	-0,07	0,99	0,00	99,89	0,11	0,00
2044	25 51 31.63 S	48 36 7.44 W	2,56	0,43	0,05	1,12	0,27	99,00	0,73	0,00
2045	25 51 14.57 S	48 36 14.30 W	3,95	1,47	0,70	2,23	0,00	73,85	20,11	6,03
2047	25 51 16.49 S	48 34 41.38 W	2,70	0,40	-0,01	0,89	0,21	99,65	0,14	0,00
2048	25 50 57.04 S	48 34 40.38 W	3,26	1,01	0,49	2,08	0,07	81,53	18,40	0,00
2049	25 50 31.40 S	48 34 55.10 W	3,27	2,34	0,18	0,71	0,09	42,44	42,57	14,90
2052	25 52 16.66 S	48 34 51.36 W	2,43	0,76	-0,36	0,79	0,03	99,79	0,17	0,00
2053	25 51 56.21 S	48 34 48.47 W	2,99	0,31	-0,16	1,02	0,00	99,73	0,27	0,00
2054	25 51 42.90 S	48 34 29.31 W	2,64	0,52	-0,14	0,91	0,00	99,86	0,14	0,00
2055	25 51 36.98 S	48 34 15.57 W	2,58	0,42	-0,09	1,10	0,00	99,83	0,17	0,00
2056	25 51 29.58 S	48 34 18.37 W	2,88	0,49	-0,10	1,07	0,00	97,10	2,90	0,00
2057	25 51 21.67 S	48 34 23.12 W	3,03	0,28	-0,05	1,01	0,00	99,41	0,59	0,00
2058	25 51 10.13 S	48 34 17.38 W	3,94	1,47	0,63	2,47	0,00	74,42	19,68	5,90