

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

PAULO VERONEZ JUNIOR

**ECOFÁCIES E FACIOLOGIA DOS SEDIMENTOS
DE FUNDO DA BAÍA DE VITÓRIA – E.S.**

VITÓRIA

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PAULO VERONEZ JUNIOR

ECOFÁCIES E FACIOLOGIA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE VITÓRIA – E.S.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Oceanografia Ambiental na área de concentração Geologia e Geofísica Marinha.

Orientador: Prof. Dr. Alex Cardoso Bastos

VITÓRIA

2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

V549e Veronez Júnior, Paulo, 1982-
Ecofácies e faciologia dos sedimentos de fundo da Baía de
Vitória - E.S. / Paulo Veronez Júnior. – 2009.
114 f. : il.

Orientador: Alex Cardoso Bastos.
Co-Orientadora: Valéria da Silva Quaresma.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito
Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Oceanografia. 2. Geologia submarina. 3. Geofísica
marinha. 4. Estuários. 5. Sedimentologia. I. Bastos, Alex
Cardoso. II. Quaresma, Valéria da Silva. III. Universidade
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e
Naturais. IV. Título.

CDU: 55

PAULO VERONEZ JUNIOR

ECOFÁCIES E FACIOLOGIA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA BAÍA DE VITÓRIA – E.S.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Oceanografia Ambiental na área de concentração Geologia e Geofísica Marinha.

Aprovada em 14 de setembro de 2009.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Alex Cardoso Bastos – Orientador
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof.^a Dr.^a Valéria da Silva Quaresma – Co-Orientadora
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof.^a Dr.^a Jacqueline Albino – Examinadora Interna
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva – Examinador Externo
Universidade Federal Fluminense

A Deus e a minha família.

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos e orientadores Alex Bastos e Valéria Quaresma pelas idéias, correções, sugestões e disponibilização do banco de dados e infra-estrutura utilizados neste trabalho. Agradeço também a todos os integrantes do Laboratório de Geologia Marinha (LABOGEO), do Programa de Pós Graduação em Oceanografia Ambiental (PPGOAM), e do Curso de Oceanografia pelo apoio, ajuda e amizade.

Agradeço diretamente ao Marcel (pela amizade e parceria no Mestrado); ao Nélio (pela amizade, pela parceria, ajuda com os programas e tudo mais); a Carolina e Patrícia (pela amizade e pelo papo furado do corredor...); ao Reginaldo e Bruno (pela amizade e pela ajuda direta em um artigo); a Gabi, May e Sílvia (pela amizade e pelas boas risadas no laboratório), ao Diego, ao Chacaltana e ao Gregório (pela amizade e pelo futebol de quinta na sexta-feira....).

Agradeço a Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro (Projeto 31180787/05 e bolsa de mestrado). Gostaria ainda de agradecer ao Núcleo de Competência em Óleos Pesados (COPEP-PETROBRÁS) pelo apoio financeiro; ao LABESUL, do Departamento de Engenharia Ambiental da UFES, em nome do Prof. Júlio T. A. Chacaltana, pela disponibilização dos dados batimétricos da porção superior da baía de Vitória; e ao LAGEMAR, da Universidade Federal Fluminense, pela parceria nos levantamentos sísmicos.

RESUMO

A Baía de Vitória é um ambiente naturalmente complexo, onde são praticadas atividades antrópicas que impactam este ecossistema. Apesar da intervenção antrópica, este ambiente apresenta características que mostram que o mesmo já sofreu mudanças naturais de magnitude bem maior que as atuais alterações provocadas pela atividade humana.

O presente trabalho é um estudo acerca dos aspectos sedimentares e morfológicos da Baía de Vitória que visa uma melhor compreensão dos processos físicos e geológicos dominantes. Este trabalho envolveu levantamentos sonográficos e de sísmica rasa, sedimentos superficiais de fundo e uma compilação dos dados batimétricos existentes na Baía de Vitória, além de dados obtidos por terceiros e devidamente agregados a este trabalho em escritório.

Os resultados obtidos mostram que a distribuição de sedimento de fundo e a morfologia da baía estão diretamente associados a evolução e dinâmica atual do sistema, além das intervenções antrópicas. O sistema estuarino apresenta uma morfologia caracterizada por um canal de maré que vem provocando erosão, e consequentemente, expondo sedimentos mais antigos. Em termos da distribuição de sedimento de fundo, o estuário apresenta na sua cabeceira um domínio de areias fluviais regressivas, sendo substituídas gradativamente por lamas estuarinas regressivas, principalmente ao longo das margens do canal e na planície de maré. Nos trechos onde ocorre a erosão do canal principal, o fundo é marcado por lamas arenosas transgressivas, ou seja, sedimento palimpsesto que se mistura com o aporte fino atual. Em trechos de estrangulamento geomorfológico da baía, o aumento na velocidade das correntes de maré provoca erosão, expondo areias transgressivas no fundo e formando dunas subaquosas. No trecho associado ao Canal do Porto de Vitória, a ação antrópica modificou muito a morfologia e a distribuição do sedimento de fundo. A desembocadura do estuário é caracterizada por areias litobioclásticas transgressivas e marinhas.

ABSTRACT

Vitória Bay is considered as a natural complex system that is being systematically influenced by anthropogenic activities. The present study investigates the sedimentary and morphological aspects of the Bay in order to provide a better understanding of the prevailing physical and geological processes. The research consisted of sonographic and shallow seismic surveys, seabed sampling and compilation of existing bathymetric data and other relevant information about the area.

The results showed that the sediment distribution and bed morphology are strongly associated with prevailing hydro and sediment dynamics, but also influenced by the Holocene evolution of the system. It was also observed that in parts of the bay, man-induced activities are responsible for both sediment distribution and bed morphology. The estuarine bed morphology is characterised by a main erosive tidal channel that is exposing relict sediments, forming a stratigraphic window.

In terms of sediment distribution, regressive fluvial sands occur along the estuary head giving place, gradually, to regressive estuarine muds mainly along the tidal flats and mangrove areas. Along the main channel, the bed consists of transgressive sandy muds (exposed by tidal ravinement) mixed with modern fluvial fine sediments. Transgressive sands are observed in areas where tidal currents increase their magnitude due to coastal constriction. Along these areas, sandwaves are also observed. Man-influenced areas are mainly the access channel to Vitoria Port, where sediment distribution and bed morphology are controlled by both dredging activities and sewage outfalls. At the mouth of the estuary, transgressive/high-stand lithobioclastic and marine sands are dominant.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Esquema de classificação proposto por Dionne (adaptado de Perillo, 1995).	21
Figura 2.2: Esquema de classificação das marés. Adaptado de Dyer (1997).	23
Figura 2.3: Tipos de estratificação estuarina, mostrando a característica zona de turbidez máxima presente no tipo parcialmente estratificado. Adaptado de Davis Jr. (1985).	25
Figura 2.4: Importância relativa das forçantes e ambientes costeiros resultantes. Adaptado de Perillo (2005).	26
Figura 2.5: Classificação geomorfológica proposta por (A) Fairbridge (1980), e por (B) Perillo (1995). Note que a segunda é uma re-interpretação da classificação proposta por Fairbridge. Adaptado de Perillo (1995).	27
Figura 2.6: Exemplos de morfologias, ambientes sedimentares resultantes e forçantes atuantes em um estuário (A) dominado por ondas e (B) dominado por marés. Adaptado de Dalrymple <i>et al</i> (1992).	30
Figura 2.7: Exemplos de morfologias e ambientes sedimentares resultantes em um estuário dominado por marés, por ondas, e pelo aporte fluvial. Adaptado de Roy <i>et al</i> (2001).	33
Figura 2.8: Exemplos de morfologia e ambientes sedimentares resultantes em um estuário de domínio misto entre ondas e marés devido à disposição de suas margens e presença de ilhas. Adaptado de Roy <i>et al</i> (2001).	34
Figura 2.9: Curva do nível do mar no Holoceno para a costa leste brasileira apresentada por Angulo <i>et al</i> (2006) na forma de envelope. A.P. = antes do presente. As linhas contínuas traçam o envelope para as latitudes inferiores a 28°S, enquanto que as linhas pontilhadas traçam o envelope para latitudes superiores a 28°S.	35
Figura 2.10: Esquema de classificação textural segundo Folk (1954). Extraído de Dias ¹ (2004).	37
Figura 2.11: Esquema ilustrativo mostrando os sistemas de aquisição sísmica rasa mais utilizados, sua arquitetura de aquisição e grau de penetração relativo. Adaptado de Penrose <i>et al</i> (2005).	41
Figura 2.12: Ilustração mostrando as diferenças na geometria de funcionamento existentes entre o ecobatímetro monofeixe, o ecobatímetro multifeixe e o sonar de varredura lateral, comparando as áreas de cobertura de cada método. Adaptado de Penrose <i>et al</i> (2005).	42

Figura 2.13: Esquema ilustrativo demonstrando a geometria de funcionamento do sonar, assim como o registro resultante em cinza invertido. Imagem cedida por Alex C. Bastos.	42
Figura 3.1: Localização do sistema costeiro. Imagem do satélite Landsat 7 em composição falsa-cor (R-5; G-4; B-3) dos sensores ETM+, elaborada no Software SPRING 5.02 (Camara <i>et al</i> , 1996) em UTM datum WGS-84. O trecho a ser estudado corresponde a Baía de Vitória e Canal do Porto.	45
Figura 3.2: Distribuição das formações Quaternárias no sistema estuarino da Baía e Vitória. Adaptado de Martin <i>et al</i> (1996).	46
Figura 3.3: Distribuição da textura dos sedimentos do sistema estuarino da Baía e Vitória. Extraído de D'Agostini (2005).	47
Figura 3.4: Bacias dos rios que deságuam na Baía de Vitória. Adaptado de IEMA (2008).	49
Figura 3.5: Pluviosidade média mensal observada entre os anos de 1925 e 2000. Extraído de Albino <i>et al</i> (2002)	50
Figura 3.6: Distribuição da Vazão e descarga sólida do rio Santa Maria para os meses de fevereiro e outubro de 2008. Extraído de Dalmaschio (2008).	51
Figura 3.7: Esquema da inflexão do nível d'água responsável pelo aumento na magnitude das correntes de vazante na Baía de Vitória. Adaptado de Wolanski por Rigo (2004).	53
Figura 3.8: Estratificação observada dia 04/01/1996, durante um período de sizígia. Elaborado a partir de dados secundários disponíveis em Donatelli (1998).	54
Figura 3.9: Baía de Vitória e do Espírito Santo - 2002. Áreas de manguezal e espelho d'água alterados por aterros, e área entre marcadores vermelhos alterada por dragagens. Adaptado de Nunes, 2004.	56
Figura 4.1: Mapa de granulometria média da Baía de Vitória.	60
Figura 4.2: Mapa da Baía de Vitória, mostrando a distribuição dos padrões sonográficos.	61
Figura 4.3: Mapa da Baía de Vitória, mostrando a distribuição dos ecocarateres sísmicos obtidos pelo perfilador de subfundo Stratabox 10kHz.	63
Figura 4.4: Mapa da Baía de Vitória, mostrando a distribuição das ecofácies identificadas.	64
Figura 4.5: Exemplo de reação acústica inversa dos métodos geofísicos. Registros obtidos no norte da Baía de Vitória, mostrando um paleocanal em registros sonográficos e sísmicos.	67
Figura 5.1: Localização dos pontos de coleta de sedimentos.	73

Figura 5.2: Mapa batimétrico, perfil longitudinal e perfis transversais da Baía de Vitória. As localizações do perfil longitudinal estão exemplificadas pelas letras correspondentes à esquerda, enquanto a localização das seções transversais é ilustrada pelas linhas transversais. A região localizada entre os pontos D e E, representa a região alterada por dragagens de retificação do canal central do estuário.

75

Figura 5.3: Mapa de classificação textural dos sedimentos da Baía de Vitória, segundo a classificação de Folk (1954).

78

Figura 5.4: Mapa de classificação textural dos sedimentos da Baía de Vitória, segundo a classificação modificada de Larssonneur (Dias, 1996).

79

Figura 5.5: Mapa de distribuição do percentual de lama nos sedimentos da Baía de Vitória.

80

Figura 5.6: Distribuição dos padrões sonográficos ao longo da Baía de Vitória.

81

Figura 5.7: Exemplos do padrão de Fundo Homogêneo com Baixa Reflexão e de suas alterações antrópicas. Padrão de Fundo Homogêneo com Baixa Reflexão (A); Padrão com marcas de arrasto de redes (B); e Padrão com marcas de dragagem e presença alvos isolados (navrágios) (C).

82

Figura 5.8: Padrões relacionados a Afloramentos Rochosos. a) Registro de sonar associado a blocos de rochas; b) Registro de sonar associado a afloramentos presentes em um estreitamento natural da baía, na área entre o Penedo e o Forte São João.

84

Figura 5.9: Exemplos de Dunas Subaquosas encontradas na região. a) Dunas Subaquosas grandes sobrepostas por dunas médias; b) Dunas Subaquosas médias em orientação contrária a das dunas grandes, tomando o eixo principal do estuário como base.

85

Figura 5.10: Padrões associados a Formas de Fundo Irregulares. a) Padrão de Formas de Fundo Irregulares ao sul do rio Bubu, com baixa distinção do padrão de Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão; Padrão de Formas de Fundo Irregulares próximas ao RSMV, mostrando a diferenciação entre este ecocaráter e o predominante no estuário (B); Detalhe do último padrão, mostrando a rugosidade da superfície (C).

86

Figura 5.11: Seção transversal ao canal principal, em frente à Ilha das Caieiras. Seção sísmica adquirida com perfilador de subfundo, modelo Stratabox-10kHz.

89

Figura 5.12: Mapa geral dos processos sedimentares inferidos neste trabalho.

94

Figura 6.1: Seção litológica esquemática ao longo do eixo longitudinal do estuário da Baía de Paranaguá. Adaptado de Lessa et al (1998).

97

Figura 6.2: Fácies sedimentares identificadas na Baía de Vitória. As legendas se encontram em ordem cronológica.

101

Figura 6.3: Seção sísmica de alta resolução (A) e interpretação (B). Localização dos testemunhos e das datações com carbono radioativo estão indicadas nas figuras. As superfícies de ravinamento estão classificadas como SB. As fácies localizadas abaixo da SB2 são características de ambientes marinhos abertos, enquanto que as localizadas acima desta são características de estuários. Extraído de Bastos *et al* (submetido).

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1: Esquema de classificação das litofácies apresentada por Nichols & Biggs (<i>in</i> Davis Jr., 1985).	29
Tabela 2.2: Planilha de classificação sedimentar adaptada de Larssonneur por Dias (1996).	38
Tabela 4.1: Tipos de Eco-caráteres encontrados na Baía de Vitória e suas características.	66

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	
1.1. Aspectos Gerais	15
1.2. Porque a Baía de Vitória?	16
1.3. Porque Fazer a Dissertação em Forma de Artigos?	17
1.4. Objetivos	19
2. ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS E SEDIMENTOLÓGICOS DE ESTUÁRIOS: UMA REVISÃO SOBRE O AMBIENTE E MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA	
2.1. Introdução	20
2.2. Definições de Estuário	20
2.3. Forçantes da Circulação em Estuários	22
2.4. Características Sedimentares e Evolução Geológica dos Estuários	26
2.5. Métodos de Investigação Geomorfológica e Sedimentológica de Estuários	36
3. BAÍA DE VITÓRIA: ESTÁGIO ATUAL DE CONHECIMENTO	
3.1. Introdução	44
3.2. Localização e Situação Geológica	44
3.3. Clima e Aporte Fluvial	47
3.4. Forçantes Hidrodinâmicas e Circulação	52
3.5. Ocupação Humana e Impactos Antrópicos	55

4. ECOFÁCIAS (SONAR DE VARREDURA LATERAL E SÍSMICA DE ALTA RESOLUÇÃO) E SUAS RELAÇÕES COM A DISTRIBUIÇÃO SEDIMENTAR NA BAÍA DE VITÓRIA – ES

4.1. Introdução	57
4.2. Metodologia	57
4.3. Resultados	59
4.4. Discussão	67
4.5. Conclusão	69

5. MORFOLOGIA, DISTRIBUIÇÃO SEDIMENTAR E SONOGRAFIA EM UM SISTEMA ESTUARINO TROPICAL: BAÍA DE VITÓRIA, ES

5.1. Introdução	71
5.2. Metodologia	71
5.3. Resultados	74
5.4. Discussão	88
5.5. Conclusão	93

6. ANÁLISE INTEGRADA

6.1. Introdução	96
6.2. Discussão e Conclusões	96
6.3. Recomendações para Futuros Trabalhos	103

7. REFERÊNCIAS

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Aspectos Gerais

Estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde um ou vários rios encontram o mar e diluem suas águas. Suas características biogeoquímicas se distribuem conforme suas forçantes, ou seja, de acordo como variam a vazão dos rios, as marés, as ondas e os ventos.

No geral, os ambientes estuarinos apresentam características que facilitam e atraem a ocupação humana. Os estuários são locais abrigados, adequados à instalação de portos; recebem muita matéria orgânica dos ambientes vizinhos (rios e região costeira adjacente); produzem muita matéria orgânica devido à alta produtividade primária; são as vias de acesso para a navegação nas bacias hidrográficas; apresentam alimento com facilidade de acesso (peixes e frutos do mar); são áreas associadas a rios, o que facilita o acesso a água potável e a água para irrigação; enfim, são as áreas de maior ocupação humana dentre as áreas costeiras. Por estes motivos, o crescimento econômico sempre se encontra estreitamente relacionado com os estuários ao longo da história (Miranda *et al*, 2002).

Segundo Miranda *et al* (2002), a interação dos processos físicos, químicos, biológicos e geológicos que regem a renovação e depuração destes ambientes ainda não são bem compreendidas. Estes fatos contribuem para que a introdução humana de substâncias e/ou de energia atinja níveis de concentração por vezes alarmantes, e causando efeitos nocivos à biota, a saúde, e a atividades humanas como a pesca, a aquicultura, a recreação e a atividades náuticas, esta última provocada principalmente pelo assoreamento de canais de navegação. Isto mostra a crescente importância dos estudos que visam compreender os processos de transporte de sedimentos nas bacias hidrográficas e, conseqüentemente, nos estuários e áreas costeiras adjacentes à foz dos rios.

Estudos que caracterizem e compreendam a distribuição sedimentar dos estuários são importantes devido à relação desta distribuição com os processos de erosão,

transporte e deposição de sedimentos, estreitamente relacionados à manutenção de canais portuários.

A Baía de Vitória abriga em suas margens um complexo portuário de grande importância econômica para o estado do Espírito Santo, além de banhar os municípios da Grande Vitória (Vitória, Cariacica e Vila Velha). Com isso, é fato que a baía vem sofrendo com processos antrópicos pela alta taxa de ocupação das suas margens e constantes intervenções nos últimos anos. Logo, esta dissertação desenvolve um estudo dos aspectos sedimentares e geomorfológicos da Baía de Vitória visando uma melhor compreensão dos processos físicos e geológicos dominantes.

1.2 Por Que a Baía de Vitória?

O sistema estuarino da Baía de Vitória é a maior reentrância da costa do Espírito Santo e a determinação da capital tem relação com as características que este ambiente oferece. O crescimento da cidade de Vitória logo se confrontou com sua localização geográfica: a Ilha de Vitória. Devido à falta de espaço para o crescimento e criação de áreas próprias para o tratamento de esgotos, os manguezais e áreas de espelho d'água foram requisitadas para criação de áreas residenciais e comerciais (Nunes, 2005), e grande parte dos esgotos da Grande Vitória ainda carecem de tratamento adequado. Estes fatores, somados ao mal uso do solo das bacias hidrográficas que abastecem o estuário, acabaram tornando o sistema estuarino muito impactado e contribuem com o assoreamento do mesmo.

É grande a importância econômica do complexo portuário de Vitória, pois através dele escoam a maior parte das importações e exportações de mercadorias diversas, tanto do estado do Espírito Santo quanto de estados próximos que não possuem acesso ao mar, como Minas Gerais e Goiás.

Como se trata de um sistema estuarino com duas comunicações com o oceano, sua dinâmica é muito complexa, o que torna medidas pontuais de correntes e transporte de sedimentos em dados que podem não representar o sistema estuarino, dependendo da posição na qual foram tomados. Neste aspecto, os estudos de distribuição sedimentar ganham importância, pois podem inferir os processos sedimentares que ocorrem no ambiente. Além disso, estudos sedimentares estão entre os principais

métodos aplicados em estudos de evolução de estuários durante o Holoceno (Lessa *et al*, 1998; Lessa *et al*, 2000), além de serem base para futuros trabalhos relacionados ao ambiente, como aplicação de modelos numéricos e pesquisas sobre o transporte de sedimentos e poluentes.

1.3 Por Que Fazer a Dissertação em Forma de Artigos?

O PPGOAM não estabelece um formato padrão para as Dissertações e Teses defendidas, deixando a critério do aluno a escolha entre um formato clássico (sugerido nas normas da ABNT) e um formato alternativo. Nota-se simplesmente pelo título do atual tópico deste capítulo que o autor preferiu uma forma alternativa, que remete a forma de apresentação de artigos científicos em periódicos de divulgação científica.

A escolha de um formato de Dissertação em forma de artigos não se deu ao caso. Nada mais justo que permitir a livre escolha e adoção de formas alternativas de trabalhos finais (Teses e Dissertações), já que o PPGOAM incentiva a publicação dos seus discentes em periódicos científicos, e é certo que o formato em forma de artigos:

- a) É um formato aceito em grandes centros de ensino superior no Brasil e no mundo;
- b) Apresenta qualidade e organização compatível com o exigido por periódicos especializados, pelo PPGOAM e pela CAPES;
- c) Permite uma rápida adaptação para formas de submissão a revistas especializadas, o que acaba incentivando a publicação dos trabalhos gerados no PPGOAM.

No intuito de facilitar o entendimento da forma de apresentação desta dissertação, algumas explicações foram incluídas neste tópico.

O **Capítulo 1** trata da introdução geral deste trabalho, que visa apresentar o problema científico, o trabalho proposto para esta Dissertação e as justificativas para a realização do mesmo.

O **Capítulo 2** trata da revisão científica do ambiente estuário e dos métodos utilizados em estudos geológicos neste tipo de ambiente, organizado de forma a facilitar seu entendimento.

O **Capítulo 3** trata da revisão sobre o conhecimento acerca da área de estudo, no caso, a Baía de Vitória, expondo suas características gerais e relevantes para o estudo proposto.

O **Capítulo 4** apresenta a primeira parte do estudo proposto já no formato que remete a periódicos científicos, com metodologia, resultados, discussão e conclusão próprios. Este capítulo apresentará as relações estabelecidas entre as características acústicas do material sedimentar do fundo da Baía de Vitória e sua granulometria média. Como a pesquisa geral já foi introduzida nos capítulos 1 e 2, bem como a área de estudo (capítulo 3), estes tópicos foram retirados do artigo original submetido para que não ocorra superposição ou repetição. Da mesma forma, segue abaixo os nomes dos autores e suas respectivas contribuições: Veronez Jr. foi responsável pela interpretação sonográfica, granulométrica, de ecofácies, pela re-interpretação do ecocaráter sísmico e pela elaboração do artigo escrito; Dalmaschio foi responsável pelas análises granulométricas e aquisição sonográfica; Pizzin foi responsável pela primeira interpretação sísmica; Guizan foi responsável pela aquisição sísmica; Bastos e Quaresma foram responsáveis pelas revisões e sugestões.

O **Capítulo 5** também terá forma de artigo, com metodologia, resultados, discussão e conclusão próprios. Este capítulo apresentará a morfologia e distribuição sedimentar da Baía de Vitória, relacionando-as a processos sedimentares que ocorreram e que podem ainda estar ocorrendo na região, através de ampla discussão. Como a pesquisa geral já foi introduzida nos capítulos 1 e 2, bem como a área de estudo (capítulo 3), estes tópicos foram retirados do artigo original submetido para que não ocorra superposição ou repetição. Da mesma forma, segue abaixo os nomes dos autores e suas respectivas contribuições: Veronez Jr. foi responsável pela interpretação sonográfica, granulométrica, batimétrica, e pela elaboração do artigo escrito; Bastos e Quaresma foram responsáveis pelas revisões e sugestões.

O **Capítulo 6** está focado na comparação dos resultados deste trabalho com os obtidos em outros estudos realizados até então na Baía de Vitória, além de comparar também com resultados obtidos em outros estuários da costa brasileira. Através disso, este capítulo visa inferir questões importantes sobre a evolução deste estuário, além de englobar as conclusões finais deste trabalho e algumas recomendações para futuros trabalhos. E o **Capítulo 7** listará as referências usadas neste trabalho.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

- Investigar o padrão de sedimentação da Baía de Vitória, de modo a inferir os processos sedimentares atuantes.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir as fácies sedimentares de fundo da Baía de Vitória;
- Identificar os diversos tipos de fundo e suas feições sedimentares;
- Caracterizar a relação entre ecofácies e granulometria do sedimento;
- Definir os processos sedimentares atuantes na Baía de Vitória;
- Discutir o significado das fácies sedimentares quanto à sua origem dentro do processo evolutivo do estuário;
- Contribuir para o melhor entendimento do processo evolutivo holocênico da Baía de Vitória.

2. ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS E SEDIMENTOLÓGICOS DE ESTUÁRIOS: UMA REVISÃO SOBRE O AMBIENTE E MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA

2.1 Introdução

Este capítulo visa descrever o conhecimento atual acerca da geologia e geomorfologia dos estuários e sistemas estuarinos no geral. O capítulo tem por objetivo ainda apresentar alguns métodos de investigação geológica utilizados na evolução deste conhecimento.

2.2 Definições de Estuário

Os estuários apresentam várias definições de acordo com o ponto de vista de cada autor e das características consideradas em cada uma. A definição clássica para estuários foi proposta por Cameron & Pritchard (1963) *apud* Dyer (1997):

“Estuário é um corpo de água costeiro semifechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

Dionne (1963) *apud* Perillo (1995) apresentou uma definição de estuário que englobou o efeito das marés, inclusive dividindo o mesmo em três seções. Ele definiu um estuário da seguinte forma (Fig. 2.1):

“Estuário é uma reentrância do mar que alcança o vale do rio e segue até o limite de alcance das marés. Esse ambiente é usualmente dividido em três zonas distintas:

Estuário Superior ou Zona fluvial – caracterizado pela presença de água doce, mas ainda sujeita a influência da maré;

Estuário Médio ou Zona de mistura – região caracterizada pela forte mistura da água doce da drenagem continental com a água do mar;

Estuário Inferior ou Zona marinha – região caracterizada pela livre conexão com mar aberto.”



Figura 2.1: Esquema de classificação proposto por Dionne (adaptado de Perillo, 1995).

Na definição de Dionne (1963) *apud* Perillo (1995), os limites entre as diferentes zonas do estuário são dinâmicos, variando conforme mudam as diferentes forçantes deste sistema, sempre buscando um equilíbrio.

Dalrymple (1992) trabalhou a definição de estuário do ponto de vista geológico, e o caracterizou da seguinte forma: “*Um estuário é a porção marinha de um vale de rio afogado que recebe sedimentos de origem marinha e fluvial, e que contém fácies influenciadas pelos processos fluviais, pelas marés e pelas ondas. O estuário se estende do limite superior da fácies de maré até o limite inferior da fácies costeira característica de sua desembocadura*”.

Perillo (1995) desenvolveu uma definição para os ambientes estuarinos com conotação sobre a ecologia dos estuários, onde “*Estuário é um corpo d’água costeiro semi-fechado que se estende até o limite de atuação das marés, onde a água do mar que entra por uma ou mais conexões com o mar aberto ou com outro corpo d’água salgado costeiro é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental, e que sustenta espécies biológicas eurihalinas em parte ou em todo seu ciclo de vida*”.

Desta forma, as várias definições para estuários são mais ou menos adequadas ao tipo e ao enfoque do estudo que se pretende fazer.

2.3 Forçantes da Circulação em Estuários

Quanto se pensa em quais as forçantes existentes nos ambientes estuarinos, uma das primeiras a ser lembrada é o **deságüe fluvial**. Parece obvio que várias características do estuário estão relacionadas não só a vazão do(s) rio(s) que nele deságuam, mas também a posição na qual estes rios deságuam em relação ao eixo principal do estuário, no caso dos sistemas estuarinos.

Segundo Miranda *et al* (2002), a configuração geográfica de um estuário pode ser muito complexa, pois esses ambientes podem se compor de uma rede fluvial com descargas em diferentes pontos da região estuarina e comunicações com o ambiente marinho distintas, e o estuário passa a ter múltiplas cabeceiras e, eventualmente, várias ligações com o oceano adjacente. Cada rio que forma este ambiente pode apresentar, próximo a sua desembocadura, uma distribuição de propriedades e comportamento hidrodinâmico semelhante a um estuário “unitário”. Portanto, estes complexos ambientes compostos por várias contribuições fluviais são chamados de **sistemas estuarinos**, este dividido em dois ou mais subsistemas estuarinos, de acordo com as características de cada foz de rio que o integra.

“As variações do nível do mar atuam no comportamento hidrodinâmico do estuário, podendo ser estas variações ser relacionadas a escalas de tempo de segundos (**ondas**), passando por horas (**marés**), dias (**marés meteorológicos**), meses (relacionadas a variações das correntes oceânicas e variações sazonais), até anos (relacionadas a fenômenos como El Niño); cada uma das mesmas com variações de nível e importância distintas. A maré acaba tendo ação dominante na circulação dos ambientes estuarinos, tanto em intensidade como em frequência” (Miranda *et al*, 2002).

A interação entre a onda de maré e a morfologia do estuário acrescenta importantes variações no comportamento dinâmico do estuário. Segundo Dyer (1997), irregularidades morfológicas incrementam a fricção que a maré sofre ao percorrer o estuário, diminuindo sua amplitude; porém, a convergência entre as margens do estuário em direção a montante pode concentrar a energia da maré, aumentando sua amplitude.

Desta interação, podem surgir três condições resultantes de comportamento da maré no estuário, segundo Nichols & Biggs (*in* Davis Jr., 1985) (Fig. 2.2):

Estuários Hipersíncronos: A convergência excede a fricção. Nestes casos, as amplitudes da maré e de suas correntes no estuário aumentam em direção à montante do estuário até atingir a seção do estuário dominada pelo rio, a partir de onde diminui a influência da maré. Esta classe de estuário normalmente tem um formato afunilado.

Estuários Síncronos: A fricção e a convergência apresentam grandezas iguais e opostas, que se anulam; e as amplitudes da maré e de suas correntes se mantêm constante até a seção do estuário dominada pelo rio, onde a influência da maré diminui.

Estuários Hiposíncronos: A fricção excede o efeito de convergência, e as amplitudes da maré e de suas correntes diminuem ao longo do estuário. Normalmente são estuários cuja interface com o mar é restrita, sendo que junto a esta restrição as velocidades das correntes de maré tendem a ser maiores.

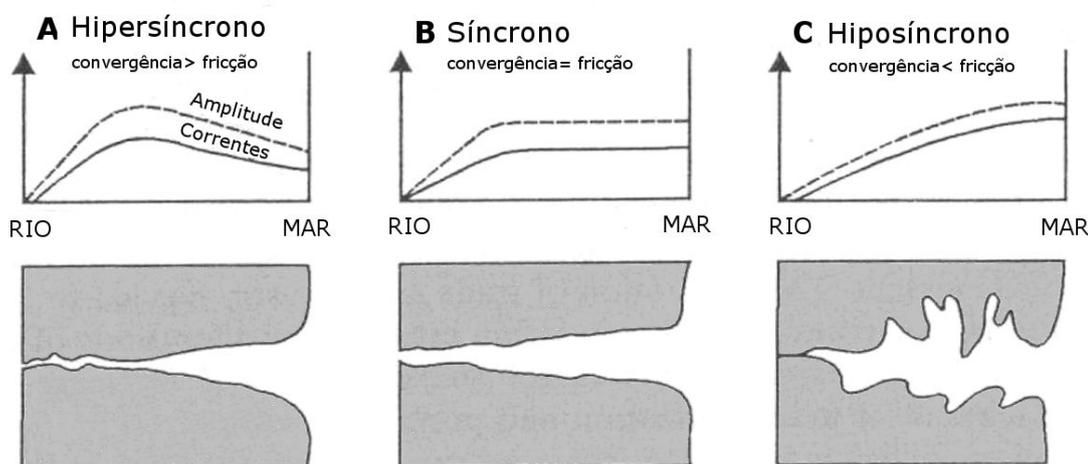


Figura 2.2: Esquema de classificação das marés. Adaptado de Dyer (1997).

Além destas variações, as marés apresentam amplitudes distintas dependendo da região costeira na qual se inserem. Estas variações atualmente são separadas da seguinte forma: **Micromarés** (~0 a 2m), **Mesomarés** (2 a 4m), **Macromarés** (4 a 6m), e **Hipermarés** (acima de 6m de altura) (Dyer, 1997).

O **vento** é uma forçante que promove aeração e mistura as camadas superiores da coluna d'água. Ele influencia tanto as águas estuarinas quanto as costeiras, podendo ocasionar “erosão” ou quebra da estratificação das camadas superiores do estuário, e até a mistura vertical da coluna d'água em estuários rasos. Porém, ventos mais constantes e menos intensos podem aumentar a estratificação da coluna d'água em estuários mais profundos, auxiliando as massas d'água de origem continental a se deslocarem sobre as águas mais densas (de influência marinha).

A **estratificação** nada mais é que o resultado da mistura provocada pelas forçantes contra as diferenças de densidades apresentadas entre rio e mar. De acordo com o poder de mistura que o ambiente é submetido, ele pode ser **Bem Estratificado** ou de **Cunha Salina**, quando as forçantes não superam a estabilização imposta pelas diferenças de densidade das águas; **Parcialmente Estratificado**, quando as forçantes e as diferenças de densidade apresentam grandezas parecidas, dando ao ambiente uma característica intermediária; ou **Bem Misturado**, quando as forçantes superam as diferenças de densidade e provocam a mistura vertical (Dyer, 1997) (Fig. 2.3).

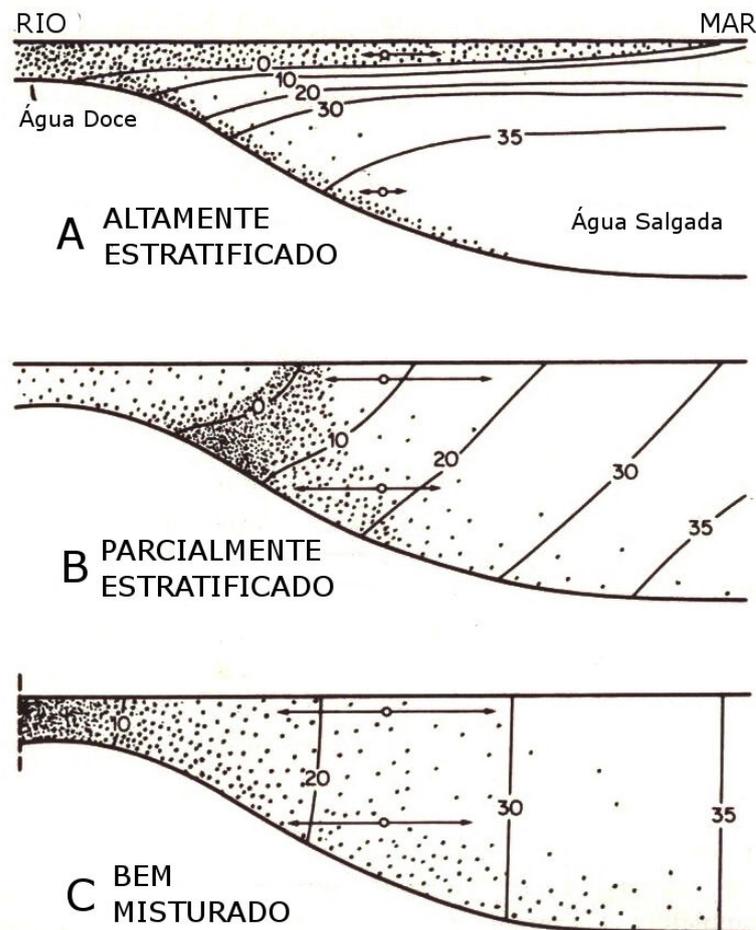


Figura 2.3: Tipos de estratificação estuarina, mostrando a característica zona de turbidez máxima presente no tipo parcialmente estratificado. Adaptado de Davis Jr. (1985).

Na transição entre a zona de maré do rio e a zona de mistura em estuários parcialmente estratificados existe uma região onde a velocidade resultante dos movimentos do ambiente é praticamente nula. Nesta área, devido à convergência dos fluxos marinho e fluvial e de seus sedimentos em suspensão, há uma concentração de sedimentos de ambas as origens especificamente nesta área, tornando-a a região de maior turbidez do estuário como um todo; por isso ela é denominada **zona de turbidez máxima** (ZTM) (Fig. 2.3). Devido aos processos de sedimentação, os materiais que se encontram em suspensão, como argilominerais e matéria orgânica, floculam e se depositam sobre o leito do estuário. Este processo pode ocasionar, a médio e longo prazo, a criação de obstáculos para a navegação, e impedem ou retardam o transporte destes sedimentos para a zona costeira. A localização desta zona varia de acordo com as forçantes da circulação do ambiente estuarino, como a descarga fluvial e as marés (Miranda *et al*, 2002).

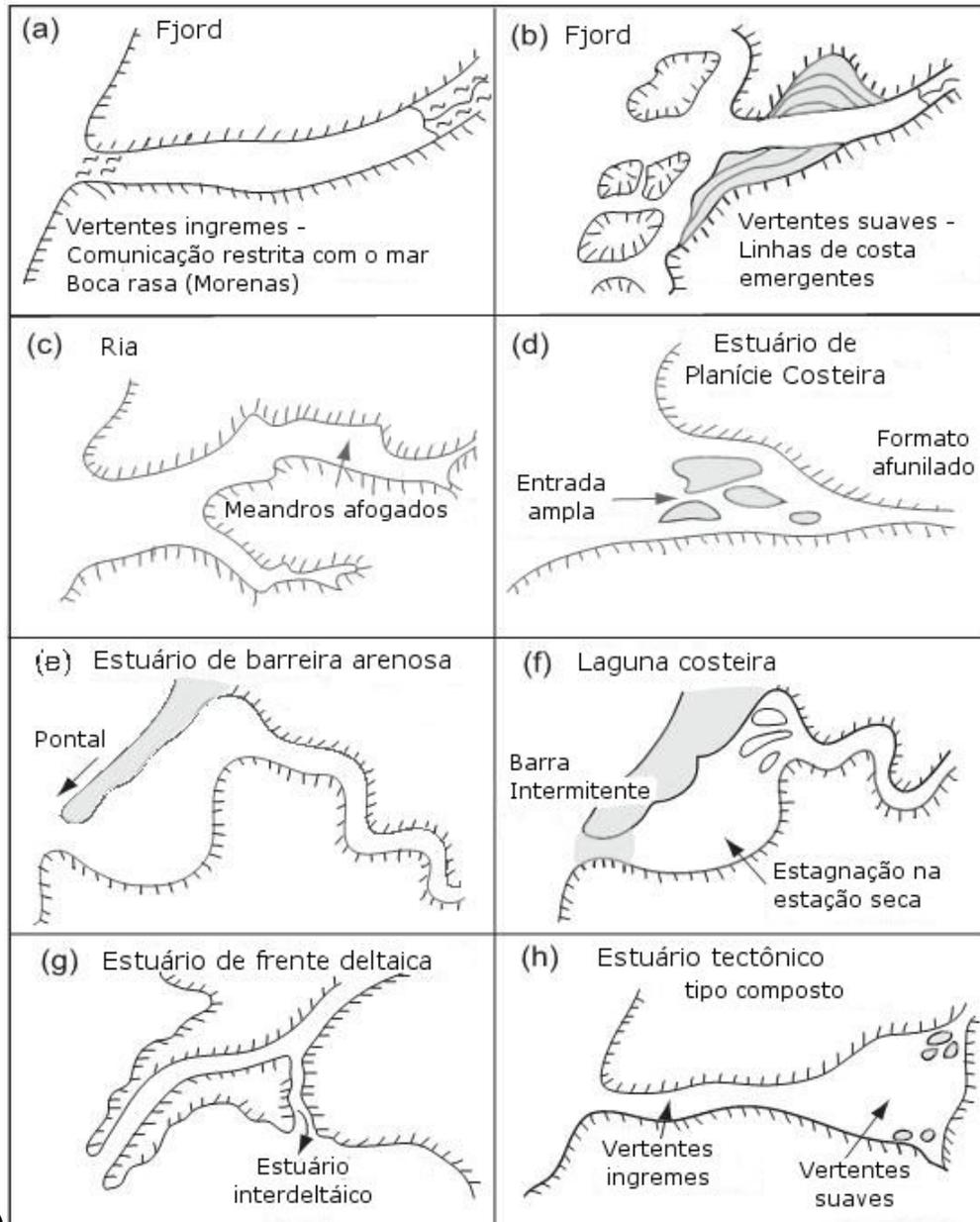
2.4 Características Sedimentares e Evolução Geológica dos Estuários

As variações no nível do mar, a hidrologia, a geomorfologia costeira, as forçantes oceanográficas, o volume e o tipo de aporte sedimentar determinam a morfologia das desembocaduras fluviais. A importância relativa de cada um dos itens citados dita o tipo de comunicação existente entre rio e mar, ou seja, se a mesma apresenta formação de um delta ou de um estuário.



Figura 2.4: Importância relativa das forçantes e ambientes costeiros resultantes. Adaptado de Perillo (2005).

Fairbridge (1980) *apud* Perillo (1995) propôs uma classificação descritiva dos estuários baseada nas características fisiográficas. Ela é resultado da interpretação da história geológica, descarga fluvial de água e sedimentos, correntes de maré, ondas e processos costeiros. Perillo (1995) apresentou uma re-interpretação da classificação geomorfológica de estuários proposta por Fairbridge, que está exposta na Fig. 2.5.



(A)

Figura 2.5: Classificação geomorfológica proposta por (A) Fairbridge (1980). Adaptado de Perillo (1995).



(B)

Figura 2.5 (Cont.): Classificação geomorfológica proposta por (B) Perillo (1995). Note que a segunda é uma re-interpretação da classificação proposta por Fairbridge. Adaptado de Perillo (1995).

A maior parte dos sedimentos presentes nos estuários são sedimentos terrígenos, ou seja, sedimentos provenientes da erosão de rochas continentais. Os produtos mais comuns do intemperismo são os fragmentos de rochas, quartzo e argilomine-rais, transportados até os ambientes marinhos principalmente pelos cursos d'água. Apesar destes sedimentos serem predominantes nos estuários, é comum a presen-ça de sedimentos biogênicos, isto é, de origem biológica, compostos principalmente por conchas e carapaças de organismos marinhos e de seus fragmentos.

Segundo Nichols & Biggs (*in* Davis Jr., 1985) os processos sedimentares nos estuá-rios são determinados pela dissipação de energia do influxo do rio, gradientes de densidade, maré, ondas, e forçantes metereológicas. Como a energia do ambiente varia conforme as forçantes perdem competência, os sedimentos são erodidos, transportados, selecionados ou acumulados e, por conseqüência, a geometria do

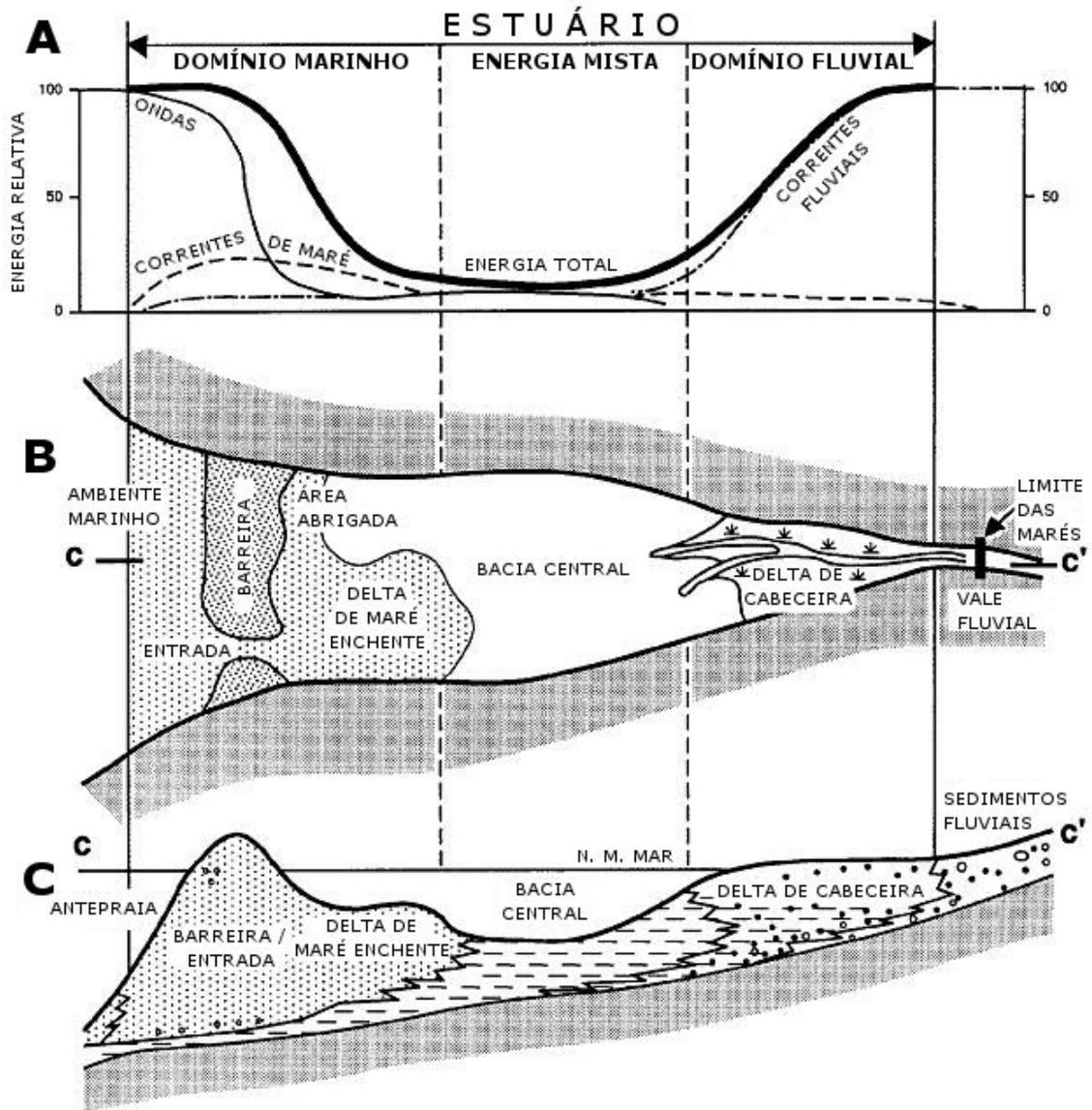
fundo é modificada. A movimentação e distribuição atual destes sedimentos nos ambientes fluvial, estuarino e marinho dependem dos processos de erosão, transporte, selecionamento, deposição e consolidação do material sedimentar.

Nichols & Biggs (*in* Davis Jr., 1985) esquematizaram a sequência das litofácies dos ambientes estuarinos para uma variação ao longo do eixo do estuário e para uma variação transversal ao eixo principal do estuário, assim com ilustra a Tab. 2.1.

Tabela 2.1: Esquema de classificação das litofácies apresentada por Nichols & Biggs (*in* Davis Jr., 1985).

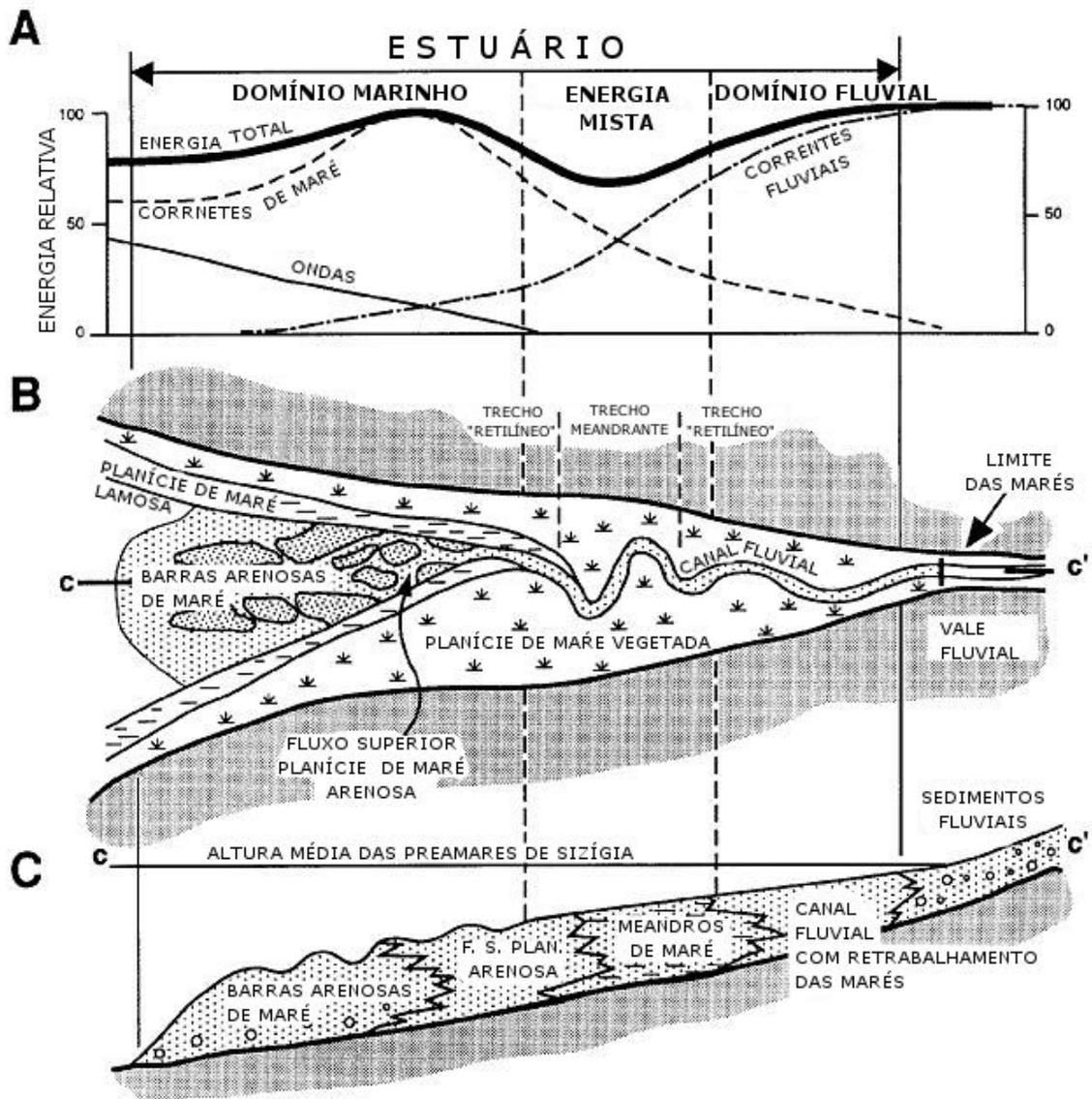
RIO	ESTUÁRIO	MAR
Estuário fluvial – forte deposição sedimentar, com gradação de sedimentos arenosos grossos (montante) a lamosos (jusante), e abundância de detritos vegetais e orgânicos	Estuário central – forte deposição lamosa, podendo ter presença de areia fina	Estuário marinho – forte deposição de sedimentos arenosos grossos marinhos, com presença de areia fina. Deposição influenciada pelas marés
MARGEM	CANAL CENTRAL	
Deposições de margem – Areias, grânulos (associados às formações geomorfológicas do entorno do estuário) e conchas, com deposição de detritos e lama	Planície de inundação – Forte deposição de areias lamosas, lamas arenosas e lama	Deposição central – forte deposição de sedimentos arenosos grossos marinhos, com presença de areia fina. Deposição influenciada pelas marés

Darlymple *et al* (1992) consideraram a interação entre ondas, marés e vazão dos rios, inclusive descrevendo a distribuição das fácies sedimentares resultantes. Ele dividiu os estuários de planície costeira em dois tipos: dominados pela maré e dominados por ondas (Fig. 2.6).



(A)

Figura 2.6: Exemplos de morfologias, ambientes sedimentares resultantes e forçantes atuantes em um estuário (A) dominado por ondas. Adaptado de Dalrymple *et al* (1992).



(B)

Figura 2.6 (Cont.): Exemplos de morfologias, ambientes sedimentares resultantes e forçantes atuantes em um estuário dominado por marés (B). Adaptado de Dalrymple *et al* (1992).

- Dominados por Ondas:

Nestes estuários, o regime de ondas é a forçante mais importante na determinação da morfologia e circulação do estuário, atuando junto à boca do estuário, onde erode e transporta os sedimentos das margens, depositando-os na forma de pontal ou barra arenosa. Este pontal é a feição que determina a largura da boca do estuário, e sua construção, apesar de tender a fechar o estuário como uma laguna, é interrompida pelo retrabalhamento provocado pelas correntes de maré.

Como as marés não apresentam força suficiente para retrabalhar os sedimentos no interior do estuário devido à restrição imposta pela barra arenosa, o resultado desta

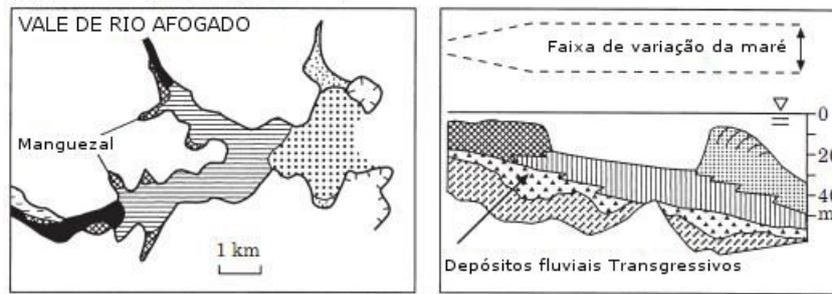
característica é o fato de o estuário apresentar um delta a montante (na zona de maré do rio) onde predominam sedimentos arenosos terrígenos de origem fluvial; uma bacia central tipicamente estuarina (na zona de mistura) onde ocorre a deposição de sedimentos lamosos terrígenos de origem fluvial; e uma ligação com o mar altamente dinâmica devido à atuação de ondas, marés e de suas correntes (na parte externa da zona de mistura e na zona costeira), onde os sedimentos arenosos apresentam características marinhas. Este tipo de estuário apresenta praias associadas ao pontal arenoso formado pelas ondas.

- Dominados por Marés:

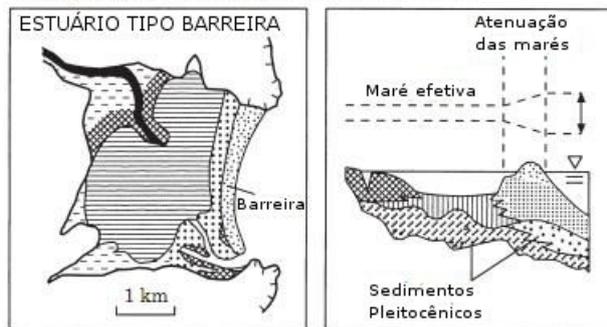
Como consequência das fortes correntes de maré, que dominam sobre o efeito das ondas, a boca do estuário é geralmente larga, com a presença de bancos sedimentares orientados na direção das correntes. Próximo a cabeceira do estuário, a influência das marés diminui e permite o domínio do fluxo fluvial. Este tipo de estuário apresenta mangues ou marismas associados às grandes áreas entremarés e aos bancos sedimentares. A distribuição sedimentar ao longo destes estuários se distingue de forma discreta, pois a energia do ambiente se mantém praticamente constante, retrabalhando e misturando os sedimentos, apesar de mudar bastante a composição energética (rios, ondas, marés, ventos) e as fontes sedimentares (rio, mar, organismos). A variação sedimentar de melhor visualização é a transversal ao eixo principal do estuário, onde o canal principal do estuário apresenta sedimentos mais arenosos, e as planícies de inundação e seus canais apresentam sedimentos mais lamosos.

Mais recentemente, Roy *et al* (2001) propôs uma classificação própria para os estuários da costa leste australiana, inclusive exemplificando situações intermediárias em esquemas hipotéticos e relacionando aos ambientes sedimentares resultantes. Esta proposta australiana de classificação geomorfológica e sedimentológica de estuários está exemplificada nas Figs. 2.7 e 2.8.

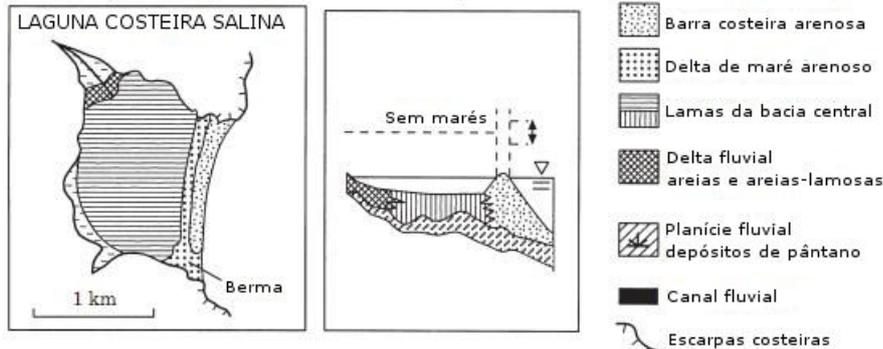
(a) Dominados por maré (micromaré)



Dominados por ondas (permanentemente abertos)



Dominado por ondas (intermitentemente abertos)



(b) Dominado pelo rio



Figura 2.7: Exemplos de morfologias e ambientes sedimentares resultantes em um estuário dominado por marés, por ondas, e pelo aporte fluvial. Adaptado de Roy *et al* (2001).

Apesar das classificações de estuários serem distintas, considerando processos e/ou características diferentes, estas apresentam certa relação, já que a morfologia atual do estuário é, ao menos em parte, conseqüência da intensidade, comportamento e variação de suas forçantes dinâmicas ao longo de sua evolução geológica.

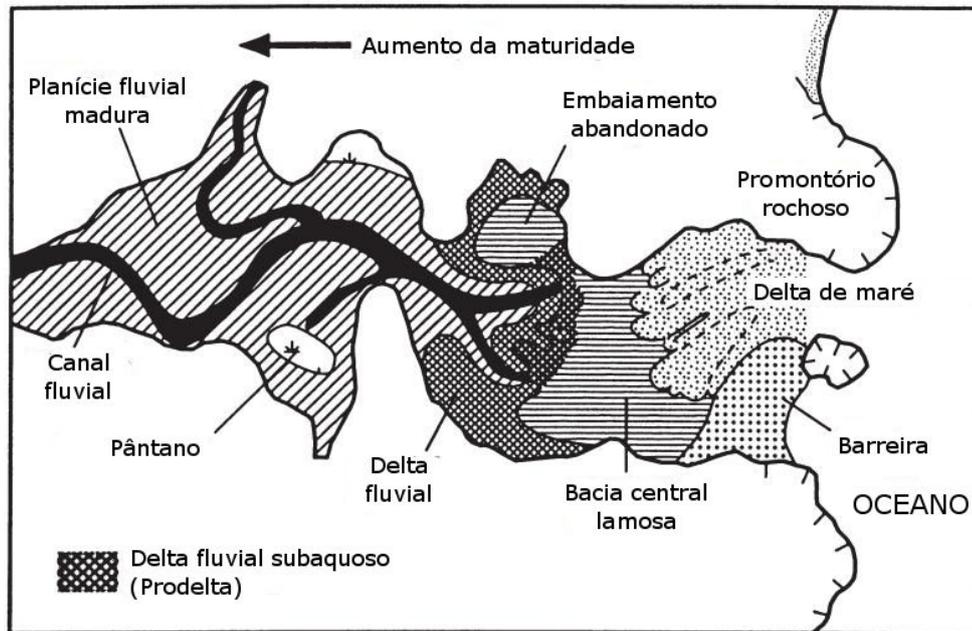


Figura 2.8: Exemplos de morfologia e ambientes sedimentares resultantes em um estuário de domínio misto entre ondas e marés devido à disposição de suas margens e presença de ilhas. Adaptado de Roy *et al* (2001).

Em sua grande maioria, os estuários se formaram em uma estreita faixa entre o mar e o continente, sendo ambientes de evolução geológica recente, formados por variações no nível relativo do mar. Estas variações podem ocorrer de duas formas: Eustática (variação do volume de água dos oceanos) e Isostática (variação no nível da crosta terrestre por processos tectônicos). Os estuários são ambientes numerosos e muito recentes, mas na escala de tempo geológica, estes ambientes não são duradouros.

Segundo Miranda *et al* (2002), a maior parte dos estuários atuais se originou com as subidas e descidas do nível do mar que ocorreram até próximo do final da última grande glaciação, há mais ou menos 12 mil anos atrás, quando o mar chegou próximo do nível atual. O nível do mar começou a se estabilizar entre 5 e 6 mil anos atrás, e os ambientes estuarinos começaram um rápido preenchimento.

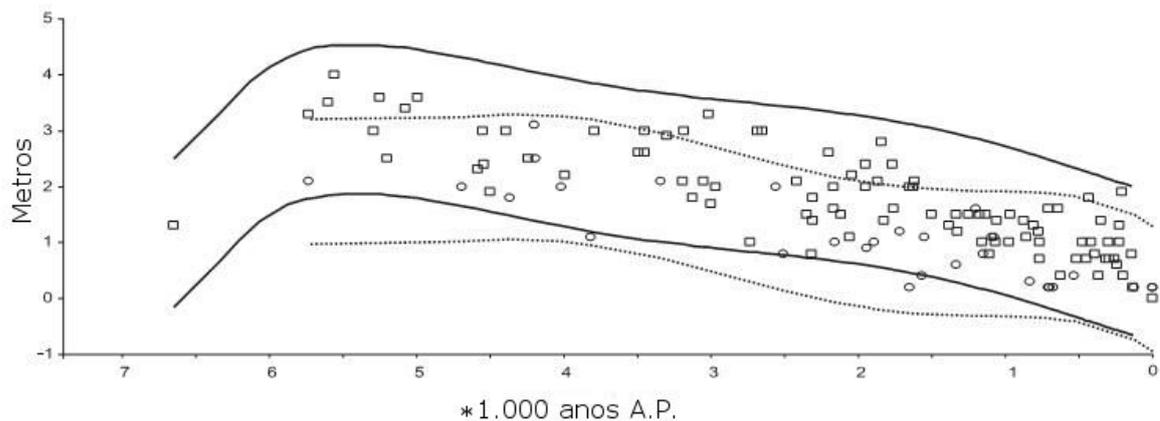


Figura 2.9: Curva do nível do mar no Holoceno para a costa leste brasileira apresentada por Angulo *et al* (2006) na forma de envelope. A.P. = antes do presente. As linhas contínuas traçam o envelope para as latitudes inferiores a 28°S, enquanto que as linhas pontilhadas traçam o envelope para latitudes superiores a 28°S.

Estas variações podem ter deixado vestígios na distribuição atual de sedimentos, como depósitos típicos de rios ou marinhos, que podem estar atualmente expostos nos estuários devido às mudanças antrópicas (dragagens) e adaptações naturais do ambiente. Estes depósitos são chamados de **sedimentos relíquias** (Shepard, 1932; Emery, 1952; Dias², 2004), e podem inclusive ser retrabalhados pelas forças atuais (sedimentos palimpséticos), mascarando suas características originais (Swift, 1971; Dias², 2004).

Como exemplo deste tipo de processo em estuários brasileiros, podemos citar o trabalho de Lessa *et al* (1998), onde o autor denomina o efeito erosivo natural do ambiente provocado pelas correntes de vazante, dominantes na grande maioria dos estuários brasileiros, como o **diastema da maré**. Este processo erosivo é na maioria das vezes localizado e expõe sedimentos antigos no fundo do estuário, o que os enquadra no conceito de sedimentos relíquia/palimpsético. Lessa identificou este tipo de exposição, que chamou de janelas estratigráficas, nos sistemas estuarinos de Paranaguá (Lessa *et al*, 1998) e Todos os Santos (Lessa *et al*, 2000), sendo que em Paranaguá foi identificado retrabalhamento em parte destes sedimentos.

2.5 Métodos de Investigação Geomorfológica e Sedimentológica de Estuários

Vários são os métodos utilizados para a investigação geológica em ambientes estuarinos. A análise direta dos diâmetros dos grãos que formam o material sedimentar de fundo, a chamada análise granulométrica, foi uma das primeiras formas quantitativas de estudo sedimentar; e o método granulométrico mais divulgado para efetuar a análise granulométrica de sedimentos grossos (de diâmetro superior a 63 micrômetros) é o Método do Peneiramento. Este método é largamente aplicado em estudos de geologia marinha (Dias, 2004, Baptista Neto *et al*, 2004), e consiste na separação da amostra em frações através de peneiras com diâmetros de poros conhecidos, para posterior análise estatística.

Com o intuito de facilitar esta análise, foi implantada por Krumbein (*apud* Dias, 2004) a escala Φ (phi), que é uma escala logarítmica de base 2, que foi amplamente aceita e atualmente é muito divulgada pela comunidade científica. Vários métodos estatísticos de análise granulométrica foram propostos no meio científico para a descrição de sedimentos. No entanto, dentre os métodos que se firmaram no meio científico, merecem destaque os Métodos Numéricos, como o dos Momentos Estatísticos (*apud* Dias, 2004) e os Métodos Gráficos, como as formulações propostas por Folk & Ward (1957). Os resultados estatísticos são muito bons no que se refere à caracterização de cada amostra. Porém, quando o interesse principal da análise é a identificação espacial de áreas com características sedimentares parecidas, o agrupamento em classes é muito utilizado.

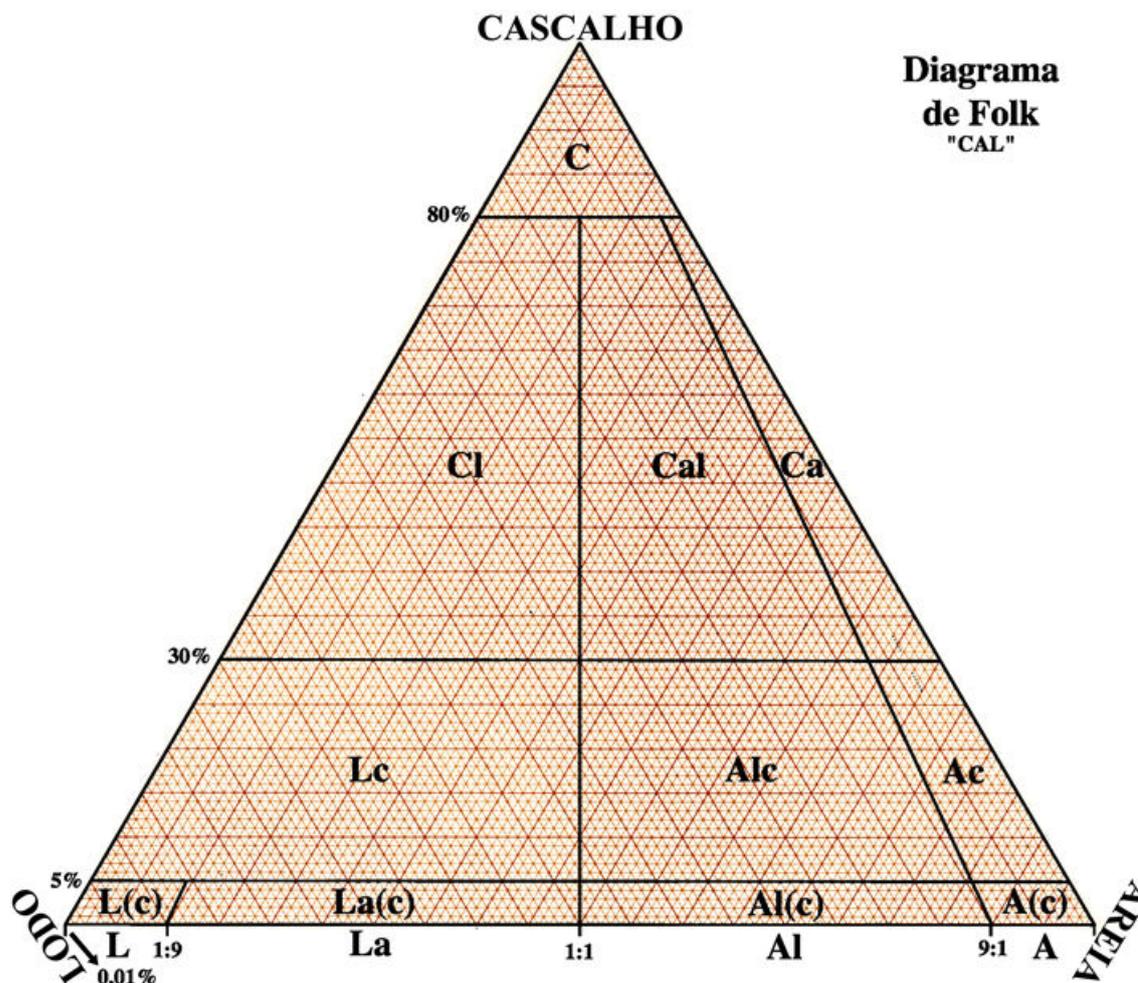


Figura 2.10: Esquema de classificação textural segundo Folk (1954). Extraído de Dias¹ (2004).

Folk (1954) elaborou uma classificação textural dos sedimentos que se baseia em vários princípios científicos. Por exemplo, o teor de cascalho ganha grande importância devido a sua relação com as velocidades máximas das correntes no momento da deposição. Porém, ele foi feito para sedimentos terrígenos, não representando bem sedimentos com produção local de carbonato. Neste caso, a classificação proposta por Laroneur *apud* Dias (1996) se destaca, pois permite a separação de classes sedimentares considerando os teores de carbonato e o diâmetro das partículas. A seguir, estão exemplificados os esquemas de classificação propostos por Folk (1954) *apud* Dias¹ (2004) (Fig. 2.10) e uma adaptação da classificação de Laroneur para regiões tropicais realizada por Dias (1996) (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Planilha de classificação sedimentar adaptada de Larssonneur por Dias (1996).

SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	SEIXOS, COQUINAS OU RODOLITOS L < 15 %; s+c+r < 50%		GRÂNULOS L < 15 %; s+c+r < 50% Md > 2mm		AREIAS L < 15 %; Areia + Lama > 50 % Md < 2mm		SEDIMENTOS LAMOSOS L > 15 %	
	SEIXOS LITOCLÁSTICOS	SEIXOS COQUINAS OU RODOLITOS	GRÂNULOS LITOCLÁSTICOS	GRÂNULOS RODOLITOS	AREIAS LITOCLÁSTICAS	AREIAS LITOCLÁSTICAS	LAMAS TERRÍGENAS	LAMAS CALCÁREAS
SEDIMENTO LITOCLÁSTICO CaCO ₃ < 30%	s+c+r > 70% SL1a	s+c+r > 70% cascalho litoclástico	s+c+r > 15% GL1a	s+c+r > 15% cascalho litoclástico	15% < + 2 mm < 50% s+c+r > gran AL1a	15% < + 2 mm < 50% s+c+r > gran AL1a	L < 25% LL1a	L < 25% LL1a
	s+c+r < 70% SL1b	s+c+r < 70% cascalho litoclástico	s+c+r < 15% GL1b	s+c+r < 15% grânulos litoclásticos	2 a 0,5 mm. AL1c	2 a 0,5 mm. AL1c	25% < L < 75% LL1b	25% < L < 75% LL1b
SEDIMENTO LITOBIOLITOCLÁSTICO 30% < CaCO ₃ < 50%	s+c+r > 70% SL2a	s+c+r > 70% cascalho litobioclástico	s+c+r > 15% GL2a	s+c+r > 15% grânulos litobioclásticos	g > s+c+r AL2b	g > s+c+r AL2b	areia lamosa terrígena	areia lamosa terrígena
	s+c+r < 70% SL2b	s+c+r < 70% cascalho litobioclástico	s+c+r < 15% GL2b *	s+c+r < 15% grânulos litobioclásticos	areia litobioclástica muito grossa a grossa	areia litobioclástica muito grossa a grossa	areia lamosa terrígena	areia lamosa terrígena
SEDIMENTO BIOLITOCLÁSTICO 50% < CaCO ₃ < 70%	c+r+s > 70% CB1a	c+r+s > 70% coq/rodolito o/ litoclásticos	c+r+s > 15% GB1a	c+r+s > 15% grânulo biolitoclástico	2 a 0,5 mm. AB1c	2 a 0,5 mm. AB1c	MARGAS 25% < L < 75% LL2a	MARGAS 25% < L < 75% LL2a
	c+r+s < 70% CB1b	c+r+s < 70% cascalho biolitoclástico	c+r+s < 15% GB1b *	c+r+s < 15% grânulo biolitoclástico	areia biolitocl. c/ cascalho	areia biolitocl. c/ cascalho	areia lamosa terrígena	areia lamosa terrígena
SEDIMENTO BIOLITOCLÁSTICO CaCO ₃ > 70%	c+r+s > 70% CB2a	c+r+s > 70% coquinas ou rodolitos	c+r+s > 15% GB2a	c+r+s > 15% grânulo biocl. conchífero ou c/ rodolitos	15% < + 2 mm < 50% c+r+s > g AB2a	15% < + 2 mm < 50% c+r+s > g AB2a	MARGAS 25% < L < 75% LB1a	MARGAS 25% < L < 75% LB1a
	c+r+s < 70% CB2b	c+r+s < 70% cascalho bioclástico	c+r+s < 15% GB2b *	c+r+s < 15% grânulo bioclástico	areia biolitocl. c/ cascalho	areia biolitocl. c/ cascalho	areia lamosa terrígena	areia lamosa terrígena

Este tipo de trabalho normalmente compõe levantamentos de estudos pioneiros sobre a geologia dos estuários e de outros ambientes costeiros. Sua importância é alta, pois é base para uma grande série de análises geológicas, geomorfológicas e sedimentológicas posteriores. São numerosos os exemplos deste tipo de método empregado em estudos de geologia marinha (Lessa *et al*, 2000; Da Silva, 2004; Lamour *et al*, 2004; D'Agostini, 2005, Barbosa, 2006; Nitsche *et al*, 2007), e adiante eles ainda irão compor parte de todos os exemplos de estudos citados que envolvem geofísica marinha. Este método permite inferir muito a respeito da geologia e física do estuário, pois através do mesmo é possível identificar as regiões de influência marinha, fluvial, e a região estuarina típica de deposição central.

Outros métodos amplamente utilizados nos ambientes marinhos e costeiros são os métodos geofísicos. A geofísica marinha estuda o comportamento físico do fundo marinho baseando-se na variação das características físicas do ambiente (Magnéticas; Gravitacionais; Óticas, como o LIDAR; ou Acústicas, como a Batimetria, a Sonografia e a Sísmica), e já provou ser uma importante ferramenta para a investigação indireta do fundo e sub-fundo marinho pela qualidade de seus resultados e pela facilidade de aplicação de seus métodos (Morang *et al*, 1997; Jones, 1999; Ayres Neto, 2000; Penrose *et al*, 2005; Souza, 2006).

Os métodos geofísicos mais utilizados no meio ambiente marinho e costeiro são os métodos acústicos, representados pela batimetria (mono e multifeixe), sonografia e sísmica. Eles são amplamente utilizados para a caracterização morfológica e superficial do leito marinho, sendo que a sísmica ainda permite a caracterização do subfundo marinho; e podem ser empregados nos estudos de caracterização de cobertura sedimentar, já que as características acústicas apresentadas pelo material que compõem o leito marinho mudam conforme mudam as características granulométricas e composicionais (Morang *et al*, 1997; Jones, 1999; Ayres Neto, 2000; Penrose *et al*, 2005; Souza 2006). Estes métodos se compõem de um emissor acústico e um microfone, que capta o sinal acústico refletido pelo leito marinho caracterizando-o e posicionando-o geograficamente (através de sistema de posicionamento associado). Os resultados destas medições são trabalhados através de cálculos físicos afim de se obter a profundidade local naquele

momento, as profundidades das camadas de subfundo e a composição deste fundo, obtida pela relação do tipo e característica do fundo com a intensidade e características do retorno acústico. Uma descrição geral dos métodos acústicos citados vem a seguir.

A batimetria é muito utilizada para estudos voltados à segurança de navegação, já que é voltada para determinação da morfologia do fundo marinho. Exemplos de estudos batimétricos são representados principalmente pelas cartas náuticas. No caso dos estudos científicos, a batimetria é de extrema importância, já que se pode inferir bastante a respeito da hidrodinâmica e da evolução do ambiente baseando-se nela, por isso quase sempre compõe parte de estudos complexos. A batimetria apresenta duas formas principais de aquisição: a batimetria monofeixe, baseada em um único emissor e receptor de sinal; e a multifeixe, baseada em vários emissores e receptores acústicos arranjados em ângulo, formando uma área de varredura e obtendo enorme volume de dados.

A sísmica rasa funciona de forma parecida a batimetria monofeixe, porém o sinal acústico utilizado possui menor frequência e maior energia para ultrapassar a camada superficial e caracterizar as camadas de subfundo. O resultado obtido com este método é uma imagem onde é possível observar as características do fundo e do subfundo, quando este é visível. É um método mais específico, voltado a atividades de medição de estabilidade do fundo e pesquisa ambiental, e por isso apresenta grande utilização científica (Damuth, 1975; Damuth, 1980; Quaresma *et al*, 2000; Aliotta *et al*, 2004; Cantanzaro *et al*, 2004; Nitsche *et al*, 2007; Giagante *et al*, 2008;). Este método apresenta resultados muito bons no que diz respeito à evolução dos ambientes estuarinos, permitindo inferir as forças e as variações que este ambiente sofreu no decorrer de seu desenvolvimento geológico até atingir a situação atual. É possível ainda relacionar os resultados obtidos na sísmica com os obtidos por granulometria, através da separação de características acústicas semelhantes, os chamados **eco-carateres** (Damuth, 1980). Eco-caracter são o conjunto de características acústicas apresentadas em registros sísmicos que permitem separar pacotes sedimentares distintos (Damuth, 1980).

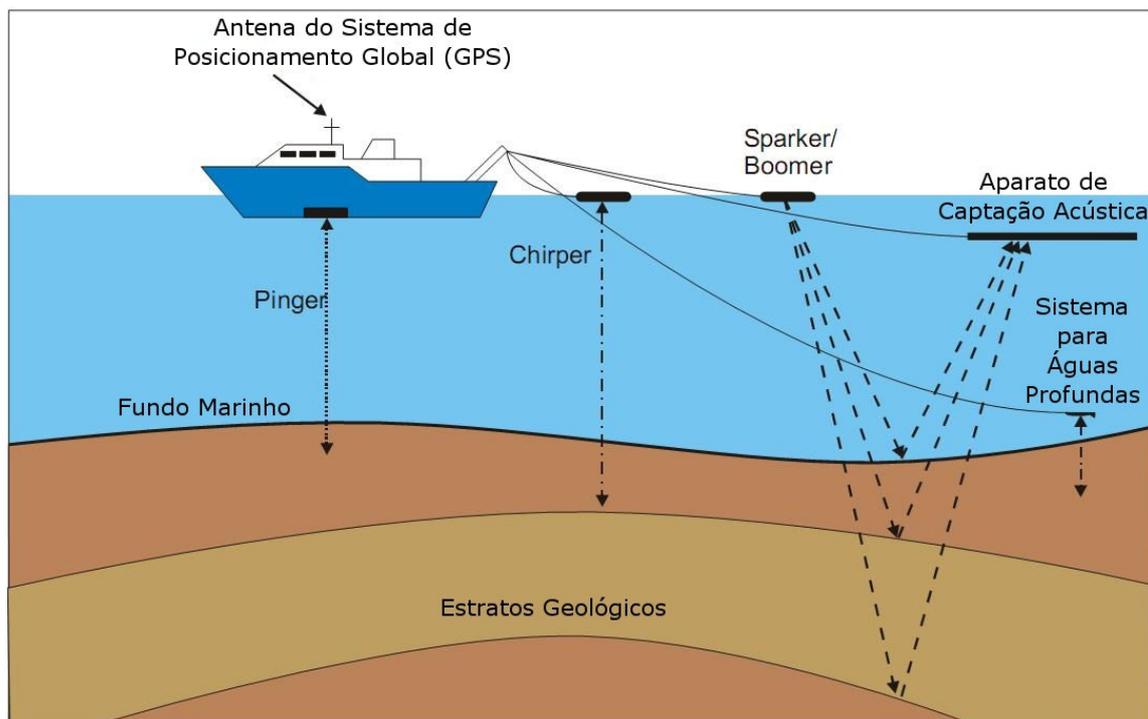


Figura 2.11: Esquema ilustrativo mostrando os sistemas de aquisição sísmica rasa mais utilizados, sua arquitetura de aquisição e grau de penetração relativo. Adaptado de Penrose *et al* (2005).

A sonografia funciona de forma diferente dos métodos anteriores: enquanto a sísmica rasa e a batimetria monofeixe são métodos no qual os transdutores (equipamentos acústicos – emissor de sinal e microfone) são orientados para baixo; o sonar de varredura lateral trabalha com seus transdutores (um de cada lado de uma estrutura própria para reboque, comumente chamada de “peixe”) orientados em ângulo, formando uma área de varredura (Figs. 2.12 e 2.13). O resultado da sonografia é uma imagem da superfície do fundo, onde as intensidades de retorno são consequência do tipo de sedimento presente no fundo marinho, assim como da morfologia e micromorfologia do fundo, do grau de compactação dos sedimentos, do ângulo de incidência das ondas acústicas e da atenuação das ondas acústicas. Este método associado à granulometria fornece um ótimo detalhamento da distribuição sedimentar, permitindo a identificação de dunas subaquosas, rochas, e outras feições do fundo marinho.

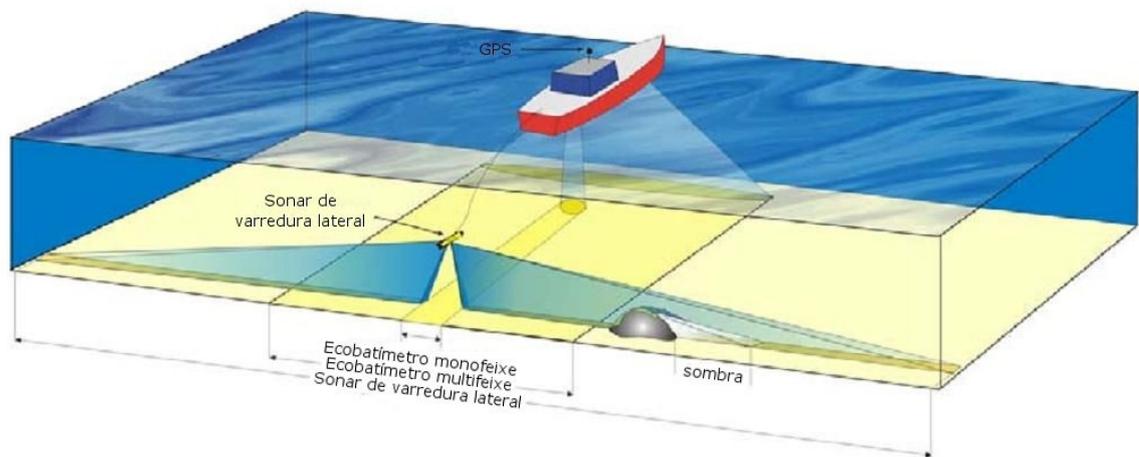


Figura 2.12: Ilustração mostrando as diferenças na geometria de funcionamento existentes entre o ecobatímetro monofeixe, o ecobatímetro multifeixe e o sonar de varredura lateral, comparando as áreas de cobertura de cada método. Adaptado de Penrose *et al* (2005).

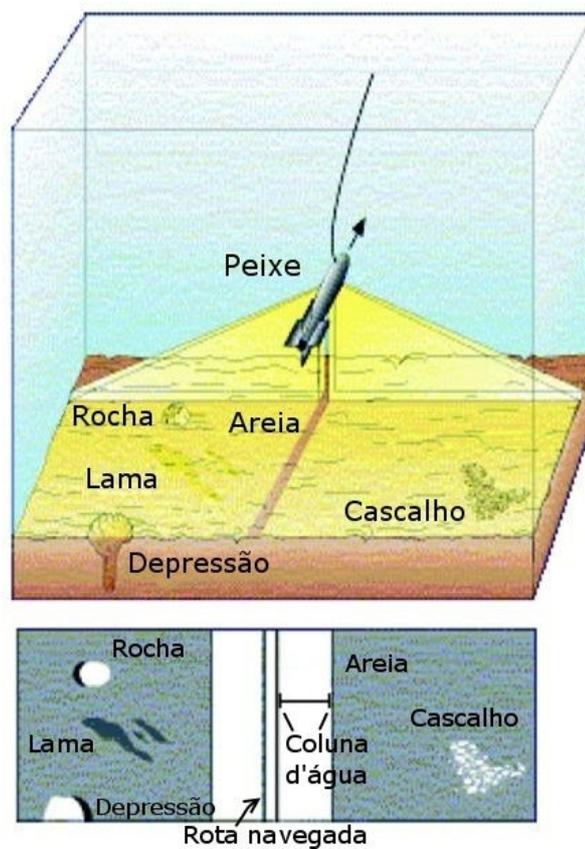


Figura 2.13: Esquema ilustrativo demonstrando a geometria de funcionamento do sonar, assim como o registro resultante em cinza invertido. Imagem cedida por Alex C. Bastos.

São muitos os exemplos de estudos que se baseiam no imageamento de fundo por sonar de varredura lateral (Morang *et al*, 1997; Jones, 1999; Ayres Neto, 2000; Quaresma *et al*, 2000; Aliotta *et al*, 2004; Penrose *et al*, 2005; Souza, 2006; Nitsche *et al*, 2007; Paolo & Mahiques, 2008), mas assim como na sísmica rasa, eles necessitam da amostragem direta para sua parametrização com os tipos de fundo.

Enfim, a evolução do conhecimento acerca dos ambientes estuarinos está vinculada ao desenvolvimento de métodos e tecnologias que permitiram tal observação. Portanto, é necessário conhecer os métodos utilizados para o estudo de estuários para entendermos como se chegou ao nível de conhecimento atual. Além disto, esta é uma boa forma de identificar quais as lacunas do conhecimento que dependem de novas tecnologias e métodos que permitam sua observação.

3. BAÍA DE VITÓRIA: ESTÁGIO ATUAL DE CONHECIMENTO

3.1 Introdução

Dentre os estuários da costa capixaba, o sistema estuarino da Baía de Vitória é o que possui maior área e complexidade. Devido a sua importância e complexidade, esta região foi escolhida como área de estudo desta dissertação.

Este capítulo visa descrever, de forma resumida, as principais características consideradas relevantes para o estudo proposto deste magnífico ambiente.

3.2 Localização e Situação Geológica

A Baía de Vitória é a parte principal de um complexo sistema estuarino tropical localizado no estado do Espírito Santo (Fig. 3.1), e segundo Lessa (2005) está entre os 26 maiores sistemas estuarinos atuais da costa brasileira. O sistema apresenta dois canais de comunicação com o mar: o Canal da Passagem e o Canal do Porto, que na verdade é a porção Sul da Baía de Vitória.

O sistema estuarino em questão apresenta três unidades geomorfológicas distintas formando seus contornos: as Colinas e Maciços Costeiros, compostos por maciços rochosos de origem ígnea que formam o arquipélago de Vitória, dominando a parte centro sul deste sistema costeiro; os Tabuleiros Costeiros, formados pelo Grupo Barreiras e ocupando a região ao Norte do sistema (Projeto RADAMBRASIL); e as Planícies Costeiras, formadas por sedimentos quaternários provenientes das unidades anteriores e do aporte fluvial, ocupando a região principalmente nas praias, planícies fluvio-marinhas e regiões de manguezal (Martin *et al*, 1996) (Fig. 3.2).

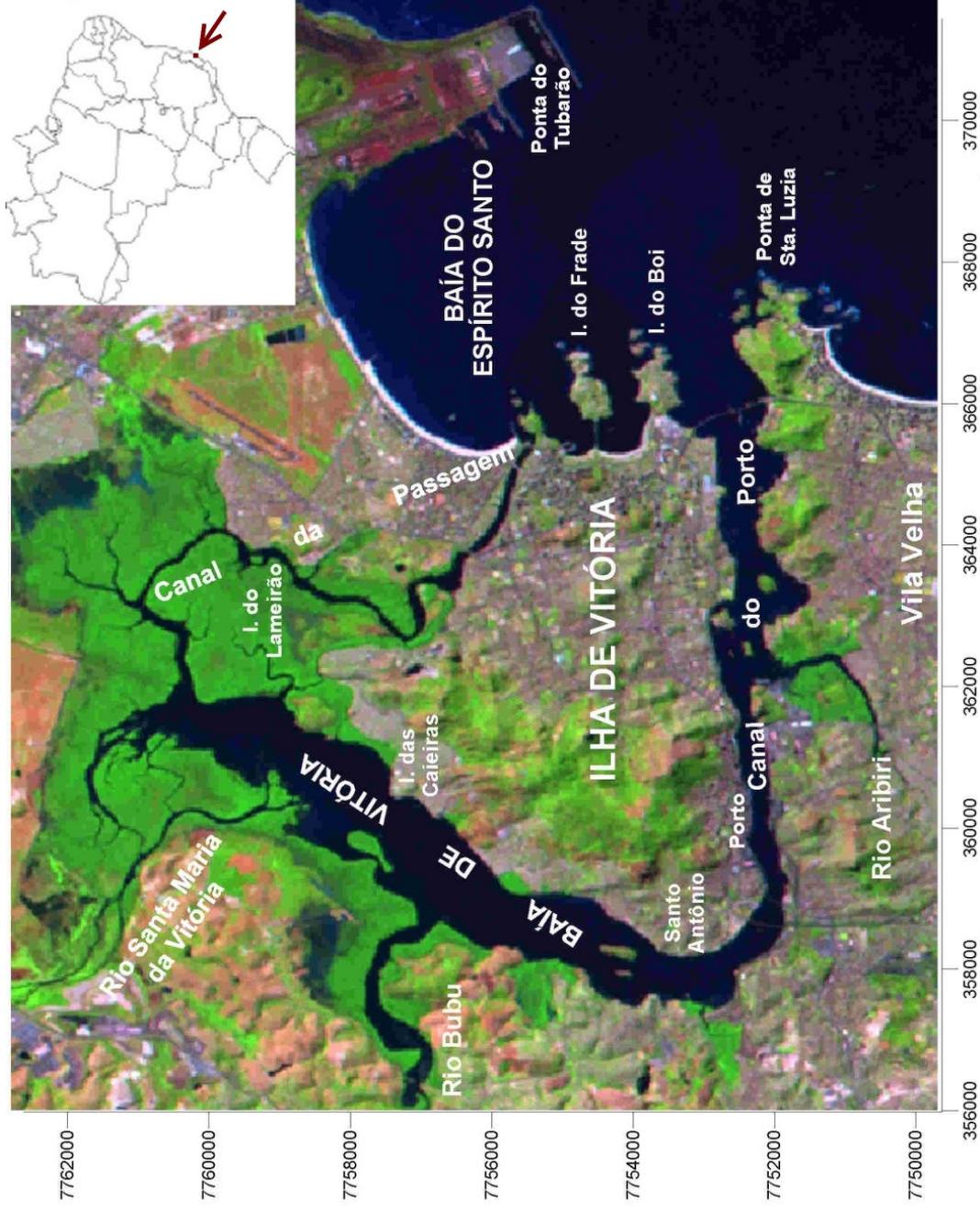


Figura 3.1: Localização do sistema costeiro. Imagem do satélite Landsat 7 em composição falsa-cor (R-5; G-4; B-3) dos sensores ETM+, elaborada no Software SPRING 5.02 (Camara *et al*, 1996) em UTM datum WGS-84. O trecho a ser estudado corresponde a Baía de Vitória e Canal do Porto.

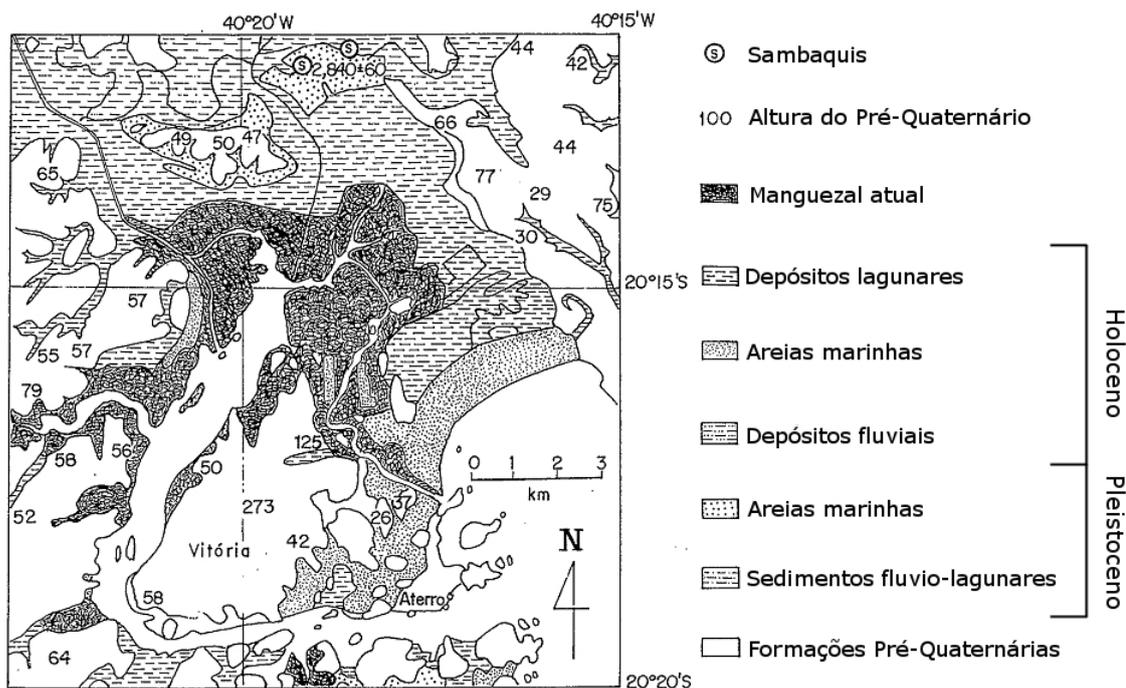


Figura 3.2: Distribuição das formações Quaternárias no sistema estuarino da Baía e Vitória. Adaptado de Martin *et al* (1996).

Na região de encontro da calha do rio Santa Maria da Vitória (RSMV) com a porção norte da Baía de Vitória, ocorre um grande aumento da seção do escoamento propiciando a deposição de sedimentos de origem fluvial. O resultado é uma estrutura típica de delta, com bancos de sedimentos e ilhas, inclusive com a formação de distributários. Esses bancos de sedimentos fluviais (principalmente areias médias a grossas) têm sido colonizados com a vegetação do manguezal e podem ser observados nas Figuras. 3.1 e 3.2 (Ferreira, 1989; Dalmaschio, 2008).

Em trabalhos recentes, Novais *et al* (2004) identificaram uma falha E-W reativada sobre a Faixa Colatina (sulcos e escarpas alinhados sobre embasamento ígneo no sentido NNW-SSE) que se insere na Baía de Vitória, determinando as características morfológicas e a orientação do trecho da baía denominado Canal do Porto. Este trecho do estuário apresenta larguras variando de 150m em seu trecho mais estreito, junto ao Morro do Penedo, até cerca de 1.300m em seu trecho mais largo, junto a Terceira Ponte, além de apresentar muitas reentrâncias (Conceição Filho, 2003).

D'Agostini (2005) estudou a distribuição das características sedimentares na Baía de Vitória e observou que este ambiente mostra padrões de sedimentação similares aos encontrados em outros estuários brasileiros, como o da Baía de Paranaguá, Ba-

ía de Todos os Santos e Baía de Guanabara (Fig. 3.3). Vale destacar que para este estudo D'Agostini analisou um total de 55 amostras.

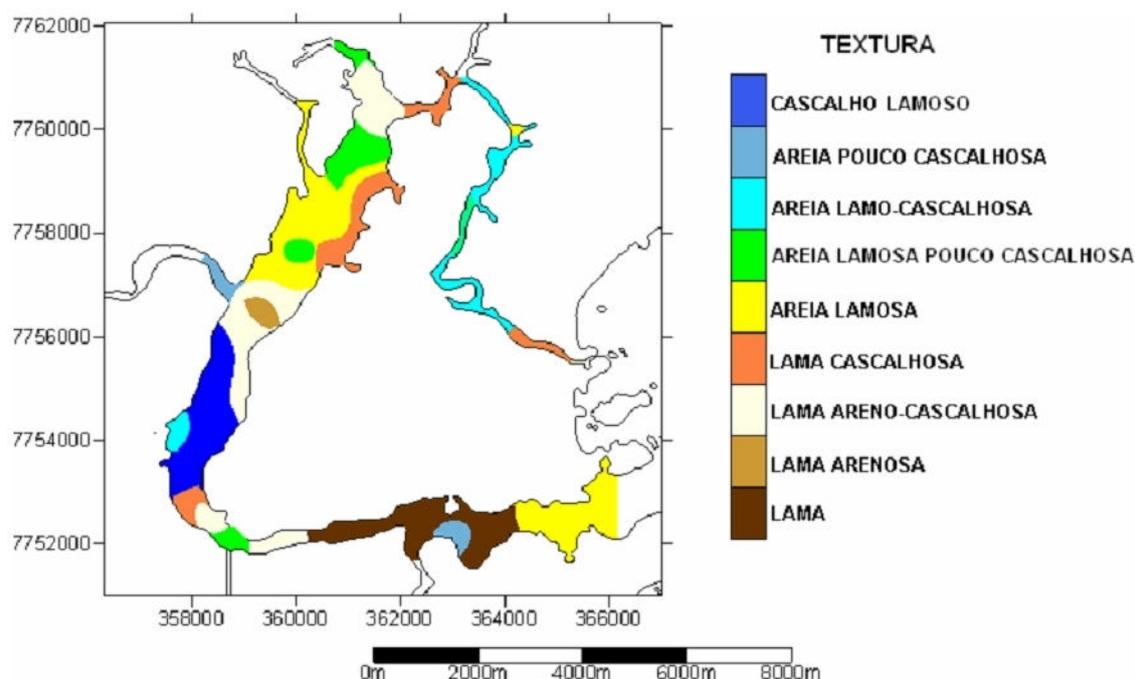


Figura 3.3: Distribuição da textura dos sedimentos do sistema estuarino da Baía e Vitória. Extraído de D'Agostini (2005).

Paiva (1999) sugere em seu trabalho que a pequena contribuição de sedimentos marinhos indica que o canal passa por uma adaptação hidrodinâmica, através da evolução da condição de estuário para rio. Esta afirmação ainda é apoiada pelo afloramento das areias carbonáticas marinhas pretéritas, que indica uma busca do canal por um novo nível de base (Paiva, 1999). Recentemente, Bastos *et al* (2007) identificaram características erosivas associadas ao canal central da Baía de Vitória através de sísmica rasa, o que corrobora a hipótese proposta por Paiva (1999).

3.3 Clima e Aporte Fluvial

O clima do Estado do Espírito Santo não é uniforme devido ao efeito da altitude, que provoca maiores precipitações e menores temperaturas nas regiões mais altas. Por isso, o clima predominante é o Tropical de Altitude (classificação **Am** de Köppen) em 60% da área do estado, sendo representativa nas áreas costeiras o Tropical (classificação **Aw** de Köppen). No geral, o clima do Espírito Santo é quente e úmido, com estações secas no outono (abril a setembro), e apresenta maior quantidade pluvio-

métrica na primavera-verão (outubro a março) (Fig. 3.5). A temperatura média anual é de 22° C, ficando a média das máximas entre 28° e 30° C, enquanto que as mínimas apresentam-se em torno de 15° C, e se verificam após as passagens de frentes frias de origem subpolar (Wikipédia). Na região há o predomínio dos ventos provenientes dos quadrantes Nordeste (NE), Norte-Nordeste (N-NE) e Sudoeste (SW) com velocidades médias variáveis de 0 a 4,9 m/s e sendo este último associado à frentes frias (Costa, 2001).

Os principais tributários de água doce da baía são os Rios Santa Maria da Vitória com 1.500 Km² de bacia hidrográfica, Formate/Marinho com 100 Km² de bacia, Bubu com 60 Km² e outros rios de pequeno porte, como o Canal da Costa, Rio Aribiri e o Rio Itanguá (também denominado Córrego Piranema), além das galerias e redes de drenagem pluvial de Vitória, Vila Velha e Cariacica (Fig. 3.4). *“Somente no município de Vitória existem 13 pequenas bacias sendo a maior delas o Canal de Maruípe com aproximadamente sete Km²”* (Donatelli, 1998).

O Rio Santa Maria da Vitória é o sistema fluvial que contribui com maior volume de água doce para a Baía de Vitória, com vazão média de 15,7 m³/s, sendo que os demais contribuem com menos de 3m/s (Rigo, 2004).

Segundo Rigo (2004), uma característica importante deste rio é a presença de duas barragens em seu médio curso: a de Rio Bonito, de regulação anual; e a de Cachoeira Suíça, de regulação diária, além da barragem de regularização de nível da Companhia Espírito-Santense de Saneamento (CESAN), presente em seu baixo curso. Todas estas barragens sofrem com o assoreamento de seus leitos.

Oliveira (2001) estudou a distribuição dos sedimentos em trechos do rio Santa Maria através de análises de sedimentos em suspensão e do leito de 4 seções do baixo rio Santa Maria. Em suas conclusões, Oliveira (2003) constatou que, apesar das duas usinas hidrelétricas posicionadas ao longo do rio controlarem parcialmente as vazões, as precipitações influenciaram diretamente as vazões e a concentração de sólidos em suspensão, sendo o desmatamento da bacia a causa associada a estas características.

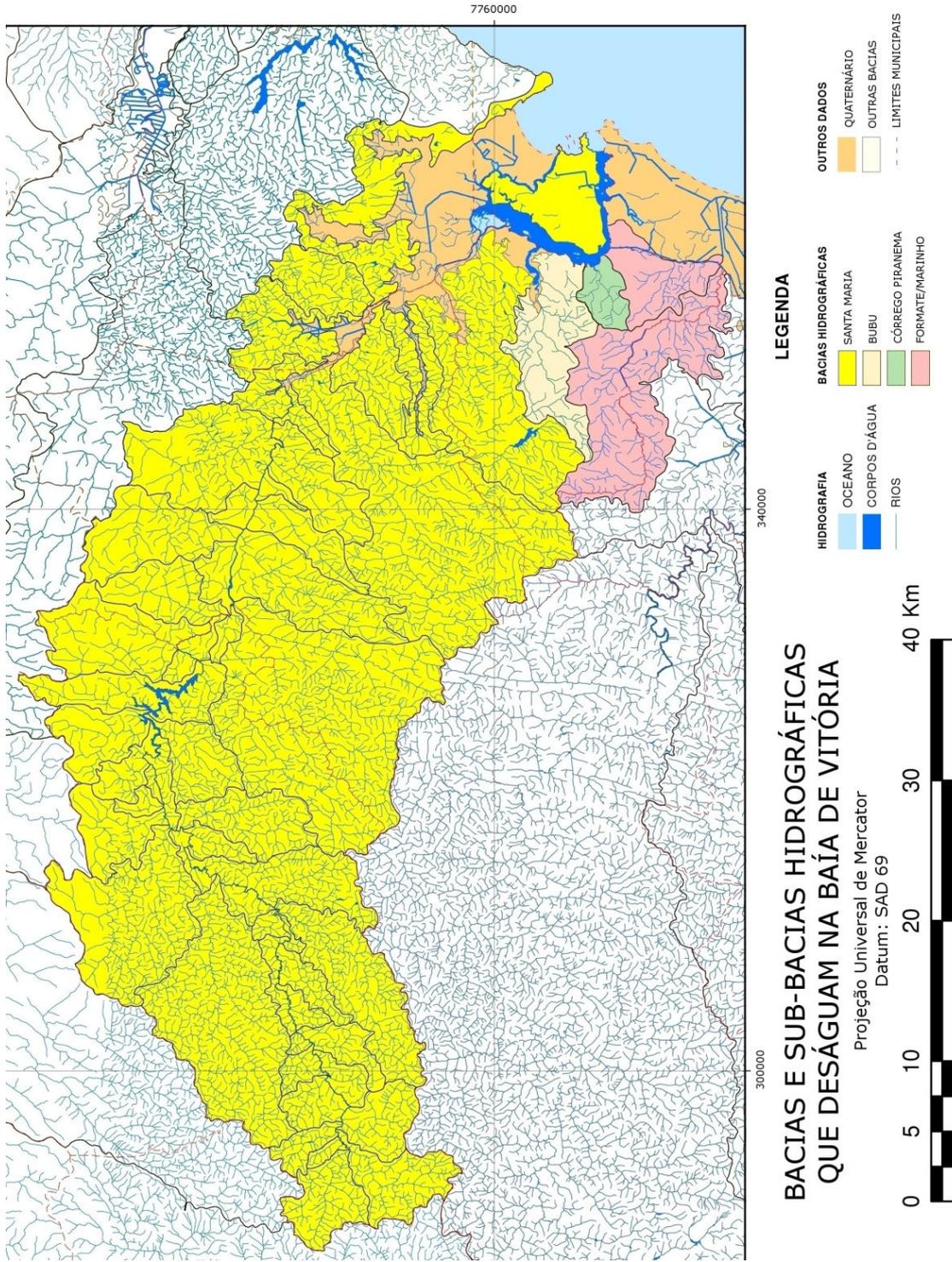


Figura 3.4: Bacias dos rios que deságuam na Baía de Vitória. Adaptado de IEMA (2008).

Pluviosidade Média Mensal entre 1925-2000

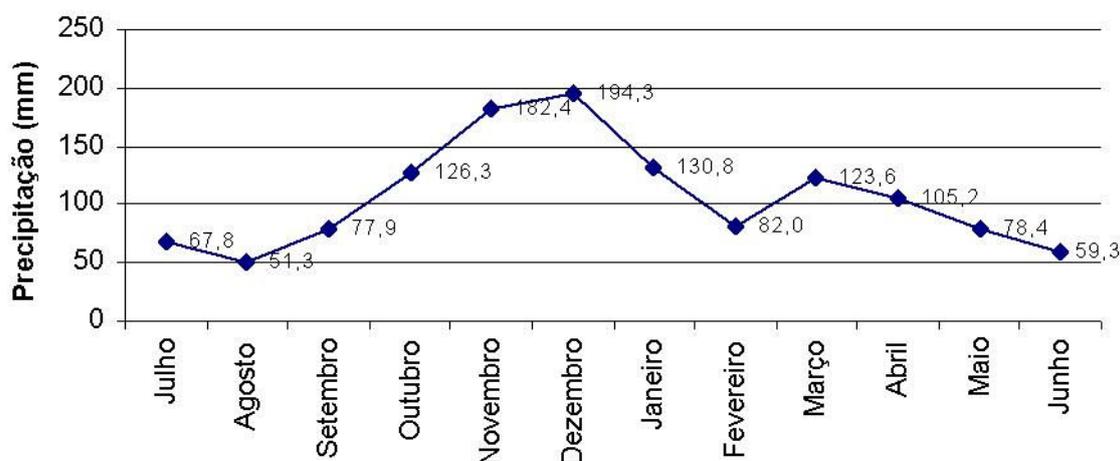


Figura 3.5: Pluviosidade média mensal observada entre os anos de 1925 e 2000. Extraído de Albino *et al* (2002)

Em um trabalho recente, Dalmaschio (2008) analisou a vazão e a descarga sólida em um ponto entre o rio Santa Maria e o sistema estuarino da Baía de Vitória. Seus resultados mostram que a vazão no estuário superior da Baía de Vitória para o período de fevereiro a outubro de 2008 apresentou-se muito variada. Para períodos de grandes precipitações médias na bacia de drenagem (Fig. 3.5), as vazões registradas alcançaram valores superiores a 50,16 m³/s, na seção de amostragem (Fig. 3.6). Já para períodos de estiagens, as vazões calculadas na seção diminuíram os valores para menos que 10 m³/s, e por influência da maré enchente, nesse período, foi constatado inversão da vazão na seção (Fig. 3.6). A descarga sólida total também está diretamente relacionada com o índice pluviométrico da área de drenagem da bacia hidrográfica do rio.

Dalmaschio (2008) concluiu que o aporte de sedimento responsável pela evolução do delta de cabeceira e preenchimento do estuário para o período amostrado foi dado em períodos de intensas chuvas na bacia hidrográfica, já que durante o período de estiagem houve um baixo ou nulo aporte de partículas sólidas.

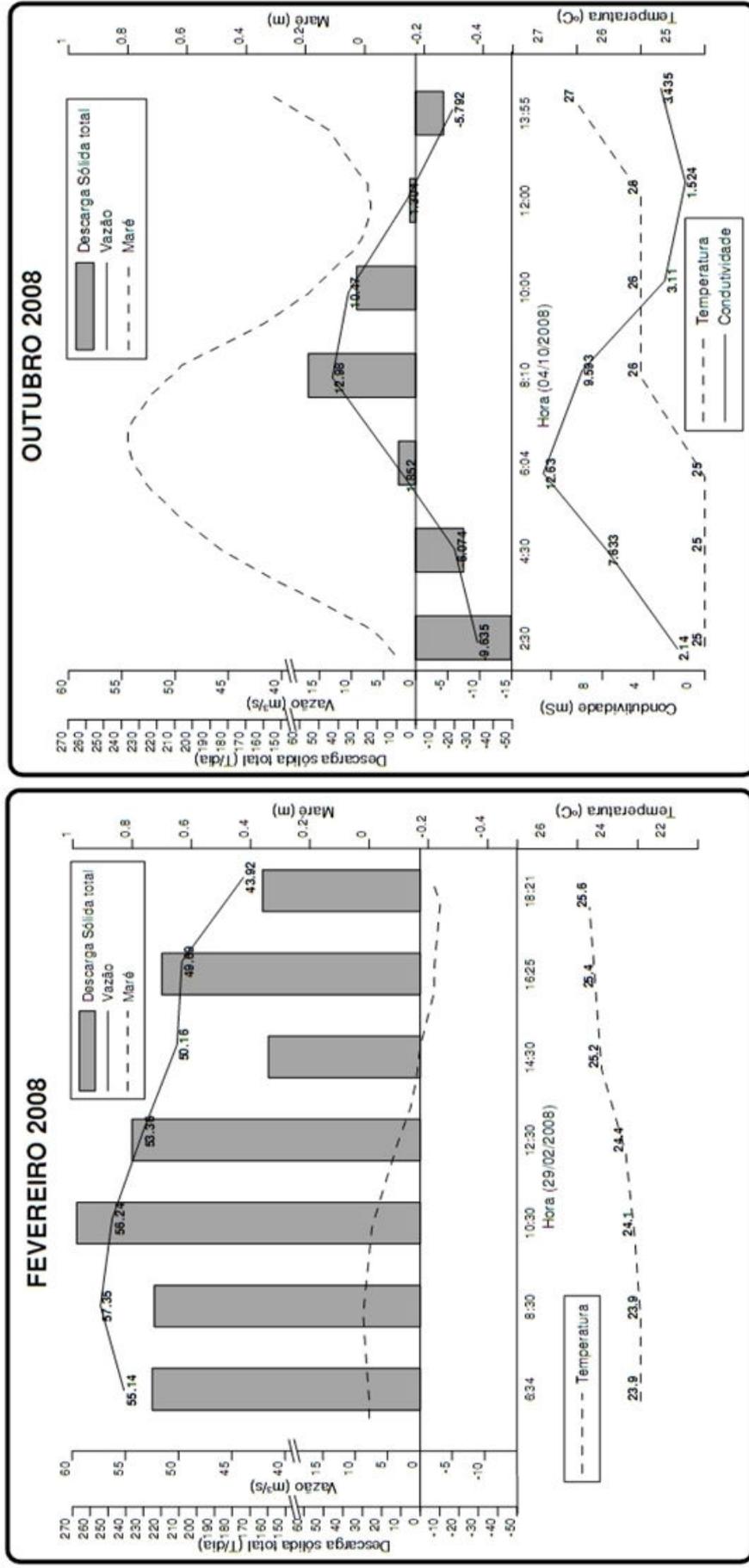


Figura 3.6: Distribuição da Vazão e descarga sólida do rio Santa Maria para os meses de fevereiro e outubro de 2008. Extraído de Dalmaschio (2008).

3.4 Forçantes Hidrodinâmicas e Circulação

Barros Filho (2002) divide a região entorno da Ilha de Vitória segundo as características das principais forçantes e alterações antrópicas em Baía do Espírito Santo, Baía de Vitória, Canal da Passagem e Canal do Porto:

*“A **Baía do Espírito Santo** apresenta alto grau de exposição à atuação de marés, ventos e ondas. Ela é limitada ao norte pela ponta de Tubarão e ao sul pelo Morro do Moreno e abriga a praia mais freqüentada do município de Vitória, a Praia de Camburi.*

*A **Baía de Vitória** apresenta uma menor energia que a anterior, é abrigada da atuação das ondas e apresenta extensas planícies de maré ocupadas por vegetação de manguezal. Sua orientação SW-NE favorece a atuação dos ventos predominantes na região, e a onda de maré atravessa toda a baía, subindo até acima do delta do rio Santa Maria e entrando também no Canal da Passagem”* (Barros Filho, 2002).

O **Canal do Porto** é parte integrante da Baía de Vitória, sendo o principal canal de ligação entre esta e a Baía do Espírito Santo. É uma região bastante alterada por aterros e dragagens, pois como já sugere seu nome, é o canal de acesso ao Porto de Vitória, justificando assim ser tratada de forma separada da Baía de Vitória (Barros Filho, 2002).

O **Canal da Passagem** é um canal raso e sinuoso que apresenta extenso manguezal e um curioso comportamento hidrodinâmico causado pela convergência barotrópica da onda de maré (Barros Filho, 2002), resultante do encontro das frentes de maré que se propagam pelos diferentes canais. Esta convergência foi denominada de “tombo” da maré, sendo caracterizada inicialmente por Sarmiento (1993), e posteriormente por Maciel et al (2003) e por Rigo (2004).

Sendo assim, o trecho estudado do sistema estuarino (Fig. 3.1) tem a sua dinâmica dominada principalmente pelas marés, sendo estas classificadas como micromarés (altura da maré (H) < 2m) semidiurnas (duas preamares e duas baixamares por dia), com pequenas desigualdades diurnas (Chacaltana et al 2003; e Rigo, 2004). Chacaltana et al (2003) e Rigo (2004) identificaram que as áreas de manguezal na Baía de Vitória são responsáveis por um acréscimo das velocidades das correntes de vazan-

te na baía, relacionadas ao efeito da inflexão do nível d'água durante o começo da vazante (Fig. 3.7). Segundo Rigo (2004) o fluxo de maré vazante é dominante durante as sizígias, perdendo força quando se aproxima da quadratura. As mudanças no contorno da Baía de Vitória proporcionaram o surgimento de estreitamentos artificiais da baía que tem conseqüências nas correntes e no comportamento da maré ao longo do estuário.

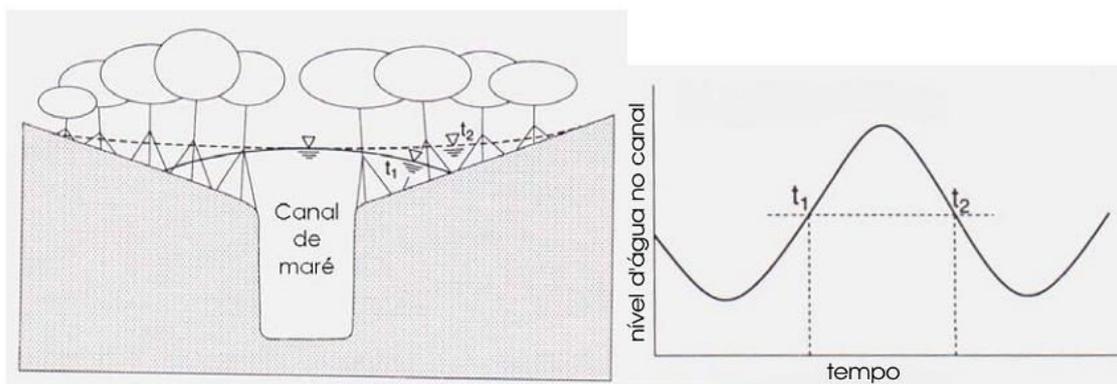


Figura 3.7: Esquema da inflexão do nível d'água responsável pelo aumento na magnitude das correntes de vazante na Baía de Vitória. Adaptado de Wolanski por Rigo (2004).

Existem regiões de recirculação junto às reentrâncias associadas às enseadas existentes, e estas áreas tendem a reter poluentes por mais tempo que o canal principal, como sugere Barros Filho (2002). Em seu trabalho, ele observou que existem variações do nível do mar causadas por influências meteorológicas na região oceânica adjacente.

Dados coletados por Donatelli (1998) em janeiro de 1996 mostram que a Baía de Vitória pode apresentar estratificação durante os períodos de maior vazão dos rios, principalmente do rio Santa Maria, assim como se observa na Fig. 3.8. Ele não foi o único a verificar este tipo de circulação na área. Moura *et al* (2009) também verificaram este tipo de processo em seus trabalhos, inclusive com mudanças de classificação da estratificação observadas em apenas 48h, associadas ao aumento da energia da maré na chegada de uma sizígia.

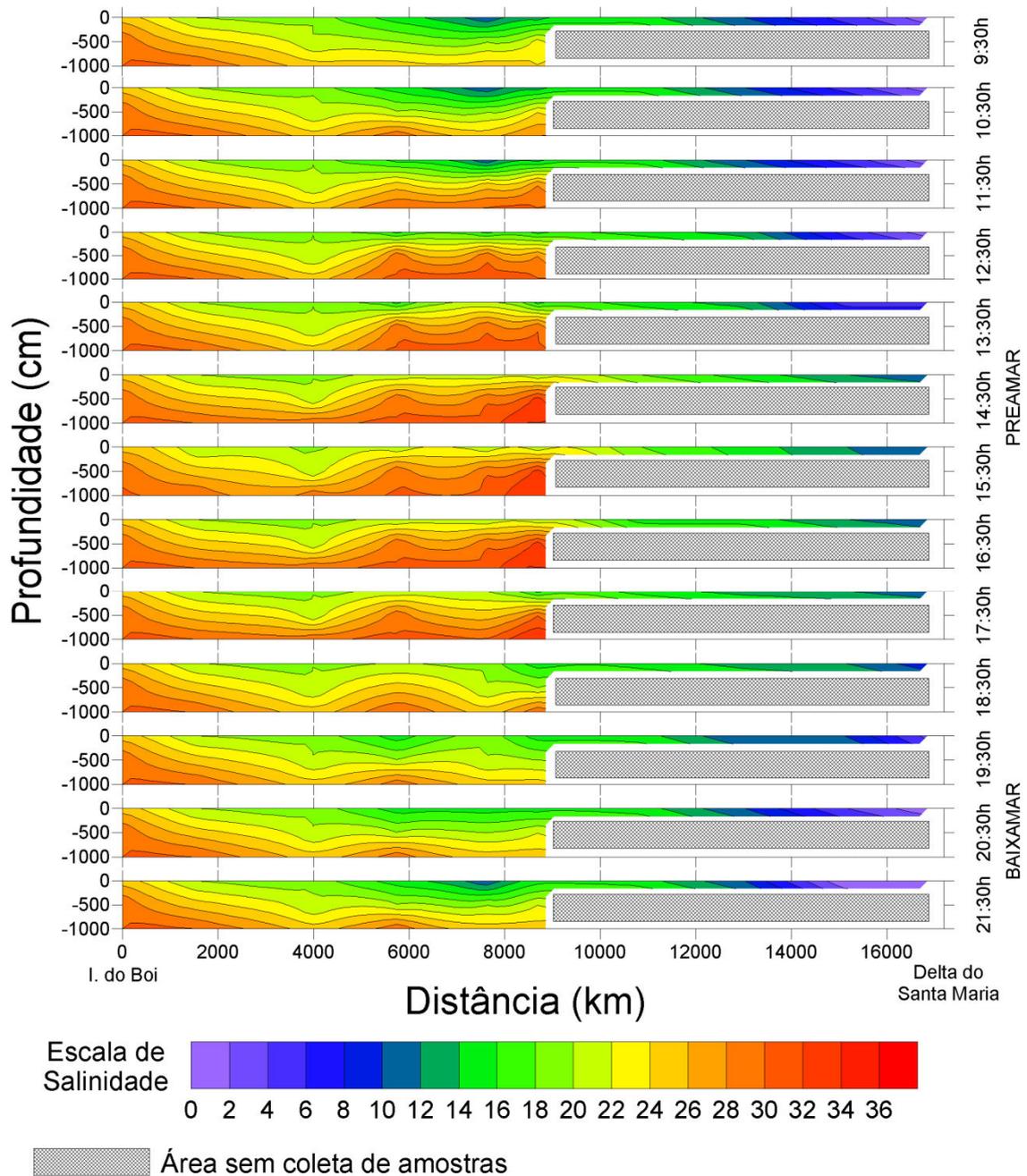


Figura 3.8: Estratificação observada dia 04/01/1996, durante um período de sizígia. Elaborado a partir de dados secundários disponíveis em Donatelli (1998).

Como uma corroboração indireta, é possível observar nos resultados obtidos por Moraes & Berger (2007) que a pluma de sedimentos em suspensão lançada pelo rio Santa Maria da Vitória alcança a região da Baía do Espírito Santo durante os períodos de maior pluviosidade (Verão).

3.5 Ocupação Humana e Impactos Antrópicos

A Baía de Vitória é parte de um complexo sistema estuarino que se tornou rota de transporte e comércio da região após a transferência da capital de Vila Velha para a Ilha de Vitória, para evitar os constantes ataques indígenas, e mantém este posto até hoje, sustentando um importante complexo portuário de vital importância para a economia do estado do Espírito Santo (Lima Jr. et al, 1994). Ela abriga em seu entorno 42% da população do estado do Espírito Santo (um milhão e duzentos mil habitantes), além de indústrias de pequeno e grande porte. Ela também possui em seu interior um manguezal de aproximadamente 30 Km², e atualmente é local de diluição final dos efluentes industriais e domésticos não-tratados, da região da Grande Vitória. A qualidade das suas águas está, portanto, muito comprometida (Donatelli, 1998).

Devido à elevada ocupação humana, cerca de 10% das áreas originais de espelho d'água e 40 % das áreas originais de manguezal foram aterradas para expansão de atividades humanas desde o início do Século XIX até o ano de 2002, sendo estes valores obtidos por Nunes (2005) através da superposição de materiais de várias épocas (mapas, cartas náuticas, fotos aéreas e imagens de satélite) em ambiente SIG (Fig. 3-9). Nunes *et al* (2007) identificaram variações na batimetria relacionadas ao aumento do calado para fins de transporte marítimo, tentando quantificá-la. Porém, ele esbarrou com a grande divergência entre os dados obtidos em 1928 e 2002, associadas à utilização de métodos distintos.

Como todo ambiente costeiro largamente ocupado, A Baía de Vitória é utilizada para diversos fins. *“Suas baías e canais oferecem acesso seguro à navegação comercial e atividade portuária, suas enseadas e praias são largamente utilizadas para lazer e eventos esportivos, e a existência de uma extensa região entremarés colonizada por manguezais sustenta a pesca e a exploração artesanal de frutos do mar, das quais dependem inúmeras famílias da região”* (Barros Filho, 2002).

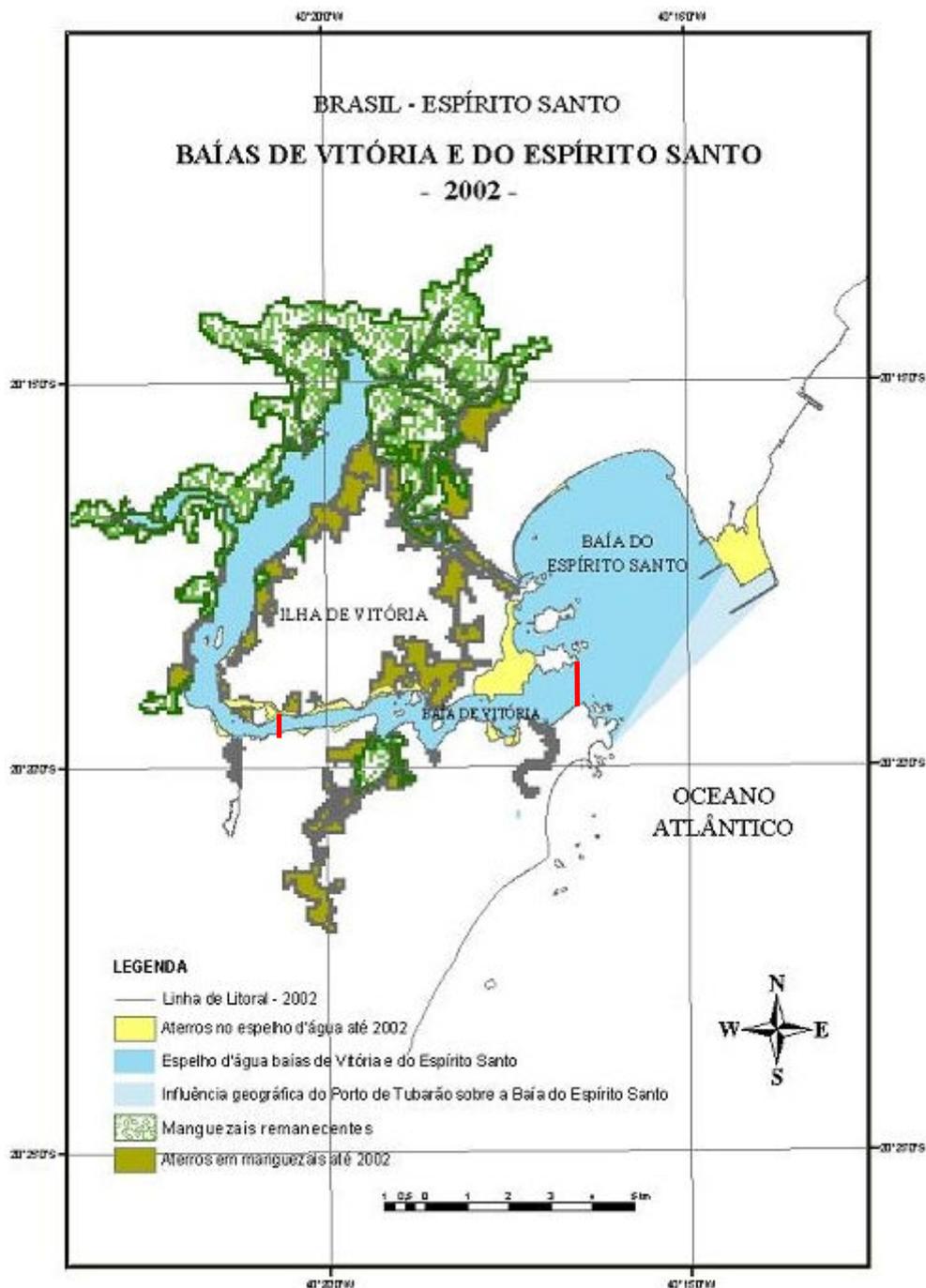


Figura 3.9: Baía de Vitória e do Espírito Santo - 2002. Áreas de manguezal e espelho d'água alterados por aterros, e área entre marcadores vermelhos alterada por dragagens. Adaptado de Nunes, 2004.

Toda esta complexidade sócio-econômica que envolve a Baía de Vitória origina conflitos de interesses entre os grupos sociais que a utilizam. Estes conflitos infelizmente são comuns em estuários fortemente urbanizados.

4. ECOFÁCIES (SONAR DE VARREDURA LATERAL E SÍSMICA DE ALTA RESOLUÇÃO) E SUAS RELAÇÕES COM A DISTRIBUIÇÃO SEDIMENTAR NA BAÍA DE VITÓRIA - ES

4.1 Introdução

A geofísica já provou ser uma importante ferramenta para a investigação indireta do fundo e sub-fundo marinho pela qualidade de seus resultados e pela facilidade de aplicação de seus métodos (Morang *et al*, 1997; Ayres Neto, 2000; Souza 2006; Quaresma *et al*, 2000; Paolo & Mahiques, 2008).

Este capítulo objetiva relacionar a distribuição das características dos sedimentos de fundo da Baía de Vitória com dados acústicos de sísmica de alta resolução (10kHz) e sonar de varredura lateral. Diferentes tipos de ecocarateres e de padrões sonográficos podem então ser definidos de acordo com seus padrões de reflexão (fácies acústicas) e os mesmos serem correlacionados com o tamanho e a textura dos sedimentos de fundo.

4.2 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido de forma integrada, onde se relacionou a distribuição das características sedimentares com os levantamentos geofísicos através da elaboração de mapas (por krigagem e por interpretação direta) e análise de sobreposição. Nestes mapas se verificou as correlações existentes entre sedimento e registros geofísicos (sonar e sísmica), agrupando os padrões sonográficos e os ecocarateres sísmicos de acordo com as características do fundo.

Neste estudo, a interpretação dos dados geofísicos foi realizada usando o programa **SonarWizMAP-4**, da Chesapeake Technology, e teve ênfase na característica do eco assinado (ecocaráter).

a. Granulometria

A análise da distribuição sedimentar de fundo da Baía de Vitória foi realizada através da coleta de 101 amostras superficiais de fundo. As amostras foram peneiradas a seco de 0,5 em 0,5 phi, sendo que a fração lamosa (silte e argila) foi separada a úmido em peneira de 4 phi. Para a análise estatística das amostras foi utilizado o pacote estatístico **GRADISTAT** (Blott & Pye, 2001), que calculou os parâmetros estatísticos segundo a metodologia proposta por Folk & Ward (1957).

b. Sonar de Varredura Lateral

Foram coletados aproximadamente 25km de linhas sonográficas sendo que a navegação foi realizada pelo canal principal da baía desde a sua desembocadura até o seu limite interior, visando cobrir toda a extensão longitudinal do estuário. O imageamento do fundo da Baía de Vitória foi obtido utilizando-se um sonar de varredura lateral Modelo Edgetech 4100 com towfish 272TD, operando com uma frequência de 500kHz e varredura variando de 100 a 50m. Todos os dados sonográficos foram obtidos digitalmente e já integrados com posicionamento por GPS. Os padrões sonográficos foram classificados de acordo com caráter acústico, microtopografia e/ou morfologia do fundo.

c. Sísmica de alta frequência

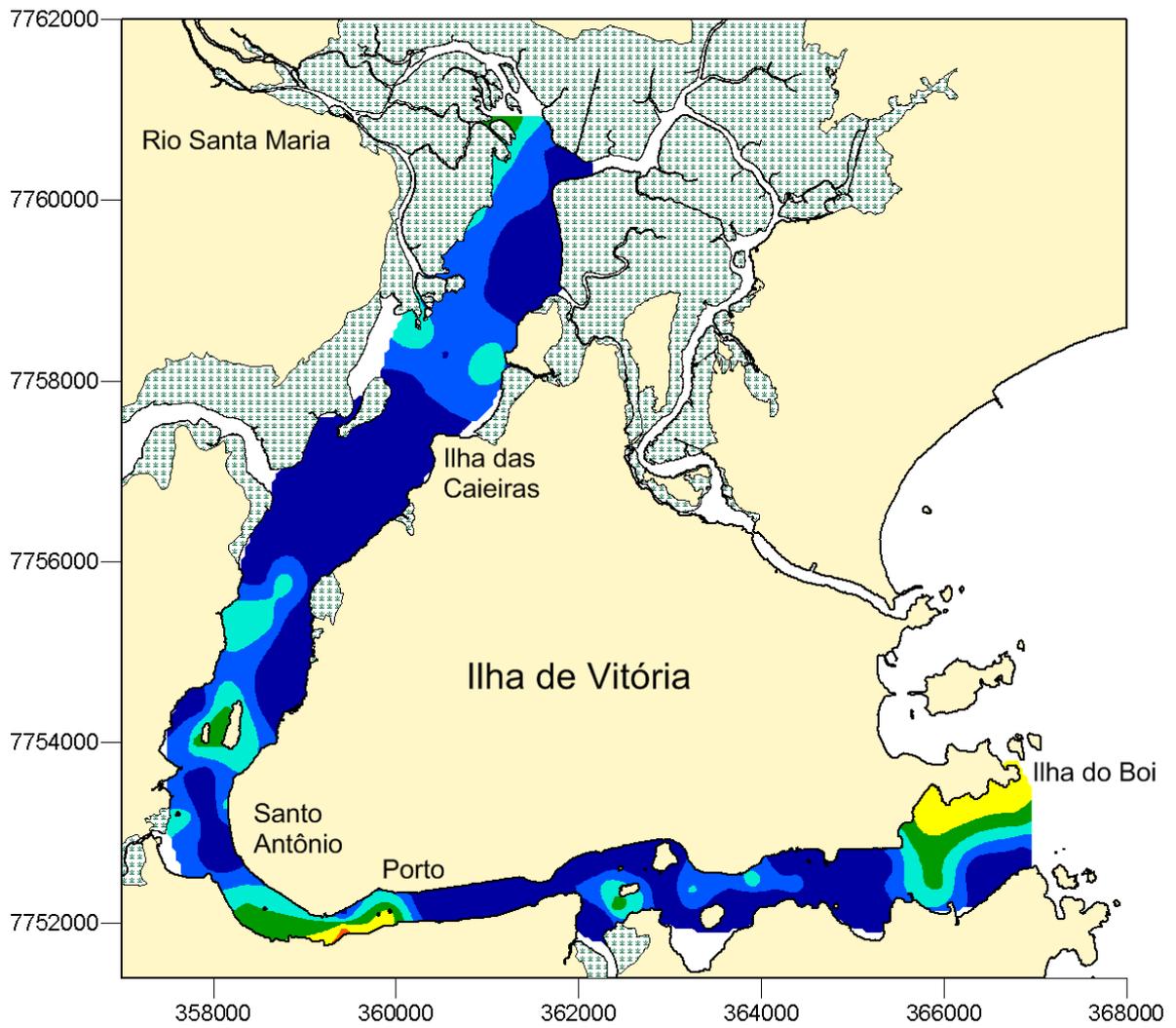
O levantamento sísmico foi realizado concomitantemente com o sonográfico, utilizando-se um perfilador de sub-fundo Stratabox 10kHz, fonte ressonante de alta frequência. A malha de perfilagem sísmica consistiu de perfis transversais e longitudinais ao longo do eixo principal da baía de Vitória, perfazendo um total de cerca de 150 km de levantamento sísmico. Na elaboração das linhas de levantamento sísmico e posicionamento durante a navegação, foi utilizado um sistema GPS. O ecocaráter foi classificado em função do caráter acústico, microtopografia e/ou morfologia do fundo e subfundo, como proposto por Damuth (1980).

4.3 Resultados

A seguir estão expostos os mapas elaborados a partir dos resultados granulométricos e de interpretação geofísica, onde se observa a distribuição das propriedades sedimentares e dos ecocarateres correspondentes.

O mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos (Fig. 4.1) mostra que os sedimentos do fundo da Baía de Vitória são predominantemente lamosos quanto à classificação da granulometria média, porém, com distribuição irregular. As áreas mais arenosas estão relacionadas aos estreitamentos da baía, aos afloramentos do embasamento cristalino e a concentração de restos de organismos, como conchas e/ou fragmentos das mesmas. Em termos texturais, seguindo a classificação de Folk (1954), predominam sedimentos lamo-arenosos e lamosos com a ocorrência de três faixas de areia e/ou areia-lamosa expressivas. Estas faixas são observadas no mapa da Figura 4.1 através do aumento da granulometria média no limite norte da baía (região do delta do RSMV), ao sul da foz do rio Bubu até o final da inflexão geomorfológica da baía e na área da sua desembocadura, ao sul da Ilha do Boi.

A distribuição das fácies acústicas pode ser descrita em termos de ecocarateres sonográficos e sísmicos. A distribuição de ecocarateres ou padrões sonográficos se mostra coerente com a distribuição sedimentar na maior parte da baía (Fig. 4.2), sendo possível identificar 4 padrões sonográficos: **Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão** (associado a sedimentos arenosos e lamosos), **Dunas Subaquosas** (associado a sedimentos arenosos), **Formas de Fundo Irregulares** (associado a sedimentos lamosos) e **Afloramentos Rochosos** (associado aos afloramentos do embasamento rochoso) (Veronez Jr. *et al*, submetido). Contudo, o padrão sonográfico Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão não apresentou relação com uma única textura sedimentar, estando o mesmo associado a sedimentos lamosos a areno-lamosos. Porém, este padrão é o mais abundante na área estudada, sendo encontrado ao longo de todo o sistema estuarino, assim como ilustra a Figura 4.2.



Granulometria Média

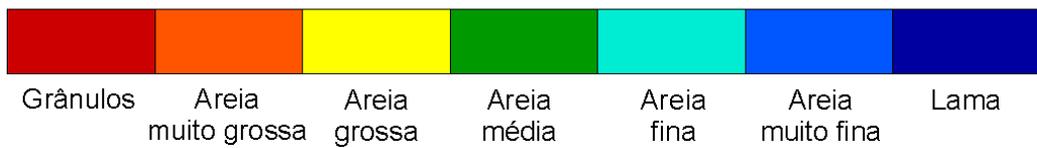


Figura 4.1: Mapa de granulometria média da Baía de Vitória.

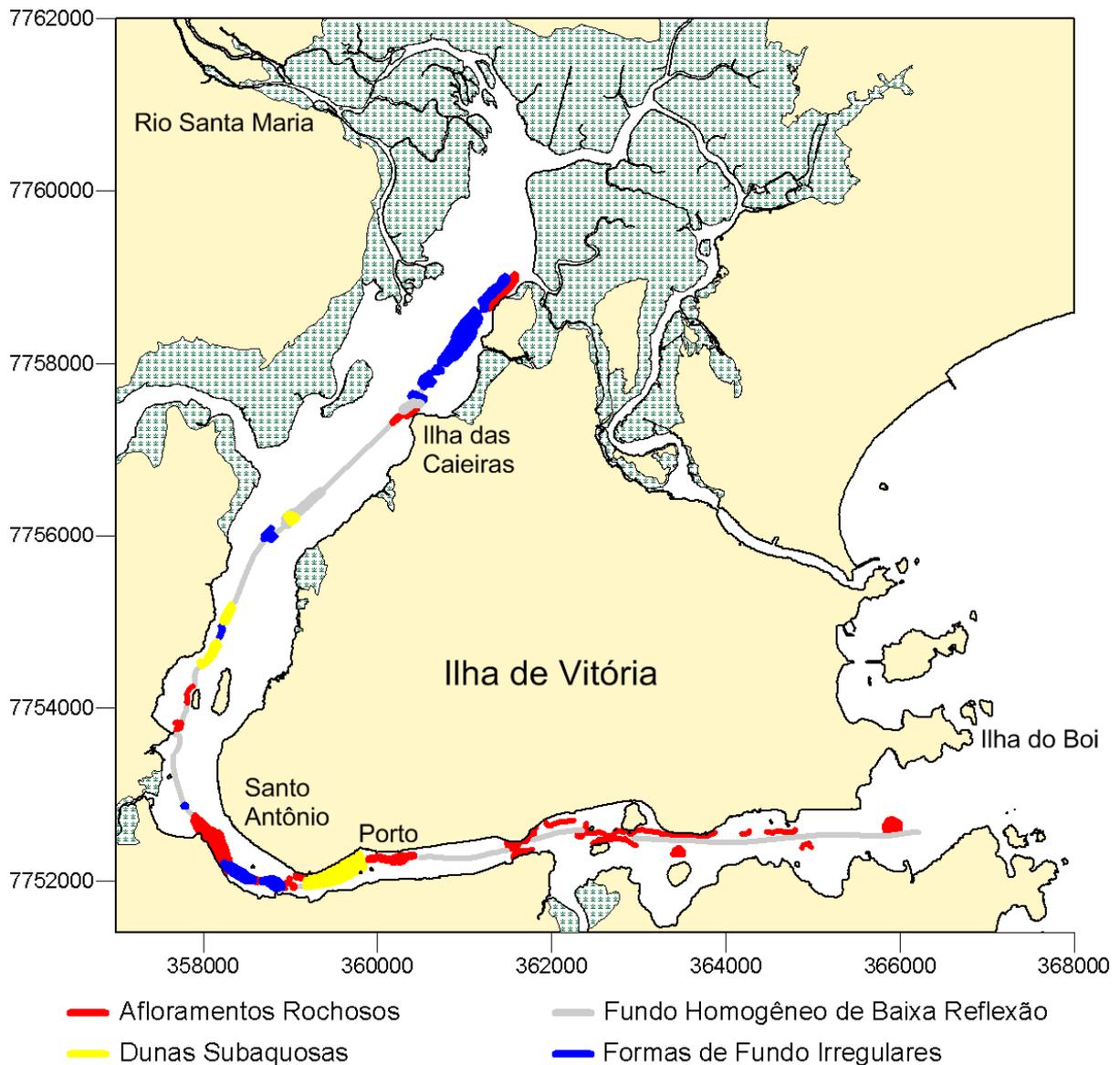


Figura 4.2: Mapa da Baía de Vitória, mostrando a distribuição dos padrões sonográficos.

O padrão Dunas Subaquosas é caracterizado por um padrão de baixa reflexão onde se observa as grandes feições de fundo, e apresenta distribuição restrita aos estreitamentos e a inflexão da baía, onde os efeitos da morfologia impõem um aumento na magnitude das correntes de maré (Chacaltana *et al*, 2003; Rigo, 2004). As Formas de Fundo Irregulares são caracterizadas por um fundo de baixa a média reflexão com formas de fundo tipo dunas subaquosas irregulares presentes no registro do sonar. A distribuição deste último padrão é restrita as proximidades do delta do RSMV (média reflexão) e a trechos da inflexão morfológica da Baía de Vitória (baixa reflexão).

Os Afloramentos Rochosos tem como característica principal o padrão de altíssima reflexão irregular, e estão distribuídos ao longo de toda a área de estudo, predominando na região do canal do porto e na inflexão da Baía de Vitória.

Os ecocarateres sísmicos apresentaram grande correlação com o material de fundo da Baía de Vitória, sendo possível identificar quatro ecocarateres sísmicos e relacioná-los com as respectivas características composicionais de fundo e padrões sonográficos (Pizzin, 2008), assim como ilustra a Figura 4.3.

O ecocaráter **Plano de Baixa Penetração** é representado na sísmica por um fundo sedimentar de alta reflexão com pouca ou nenhuma penetração do sinal acústico nos sedimentos de fundo, sem refletores de subfundo visíveis, podendo apresentar ou não formas de fundo associadas, como dunas subaquosas. O eco-caráter **Plano de Alta Penetração** é representado nos registros sísmicos por um fundo sedimentar que permite grande penetração do sinal acústico, e apresenta vários refletores de subfundo de fácil visualização.

O eco-caráter **Plano de Baixa Reflexão** é representado na sísmica por um fundo sedimentar com baixa reflexão de sua superfície, seguindo por uma fácies sísmica tipicamente transparente. A base desta camada transparente é marcada por uma superfície de subfundo de grande reflexão, a partir da qual o sinal acústico apresenta pouca ou nenhuma penetração, e não é mais observado refletores de subfundo. Este eco-caráter está restrito aos trechos de maior impacto antrópico, onde os lançamentos de esgoto e a diminuição da hidrodinâmica junto ao fundo provocada pelas dragagens propiciam a deposição de sedimentos lamosos. Este eco-caráter, pelas características de baixa reflexão da superfície deste fundo sedimentar apresentadas na sísmica, pode ter relação com depósitos de lama fluida. A lama fluida é um estado do sedimento lamoso intermediário entre o fundo lamoso e o material particulado em suspensão, onde, apesar de ter altas densidades, o depósito apresenta as características e o comportamento de um fluido.

O quarto e último eco-caráter classificado, o **Hiperbólico/Irregular de Altíssima Reflexão**, é representado nos registros sísmicos pelo fundo de altamente refletivo contendo geometria hiperbólica ou irregular.

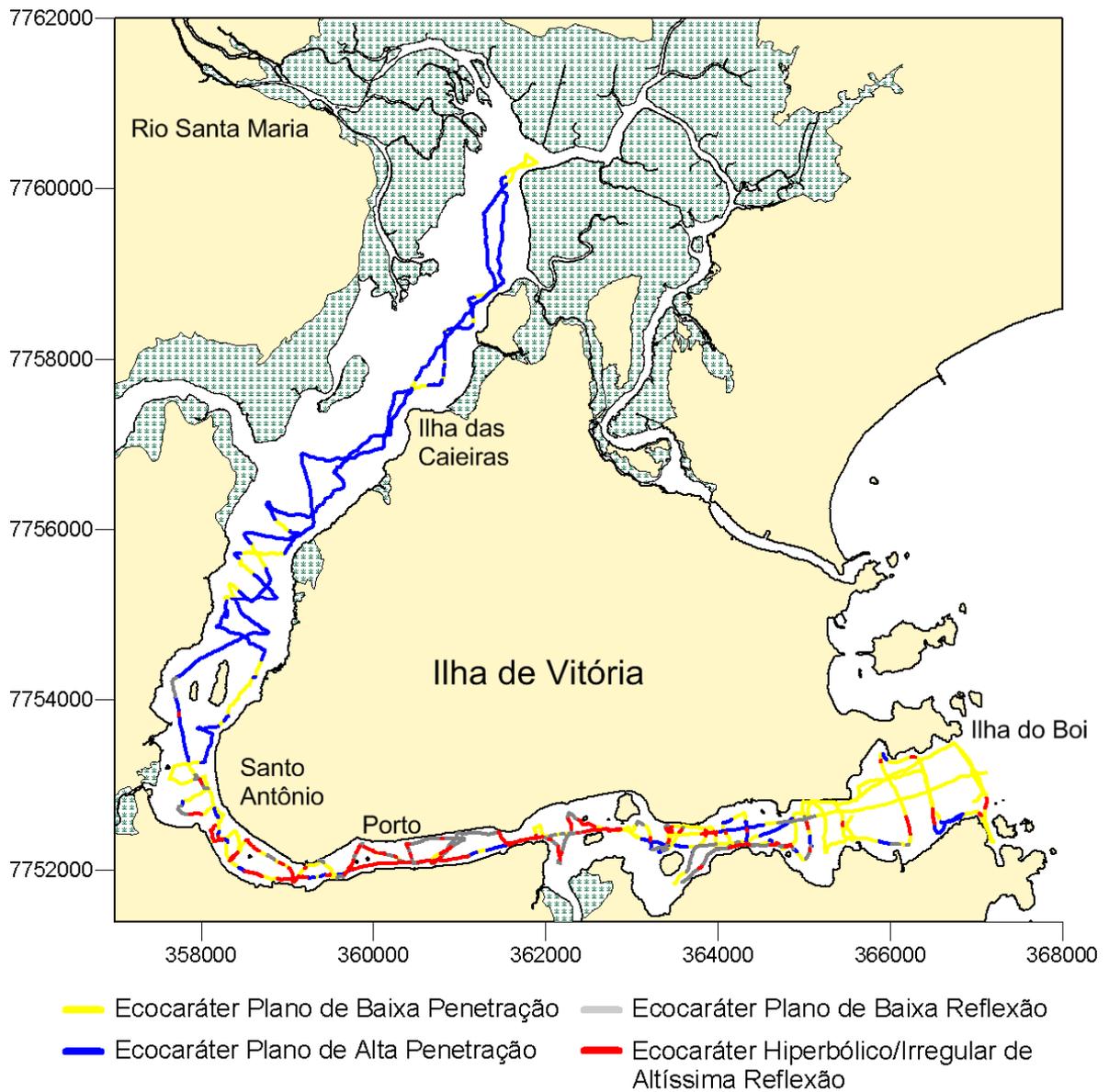


Figura 4.3: Mapa da Baía de Vitória, mostrando a distribuição dos ecocarateres sísmicos obtidos pelo perfilador de subfundo Stratabox 10kHz.

Realizando a correlação dos registros geofísicos e de suas interpretações, separou-se quatro ecofácies distintas, que estão descritas a seguir e expostas em mapa na Figura 4.4.

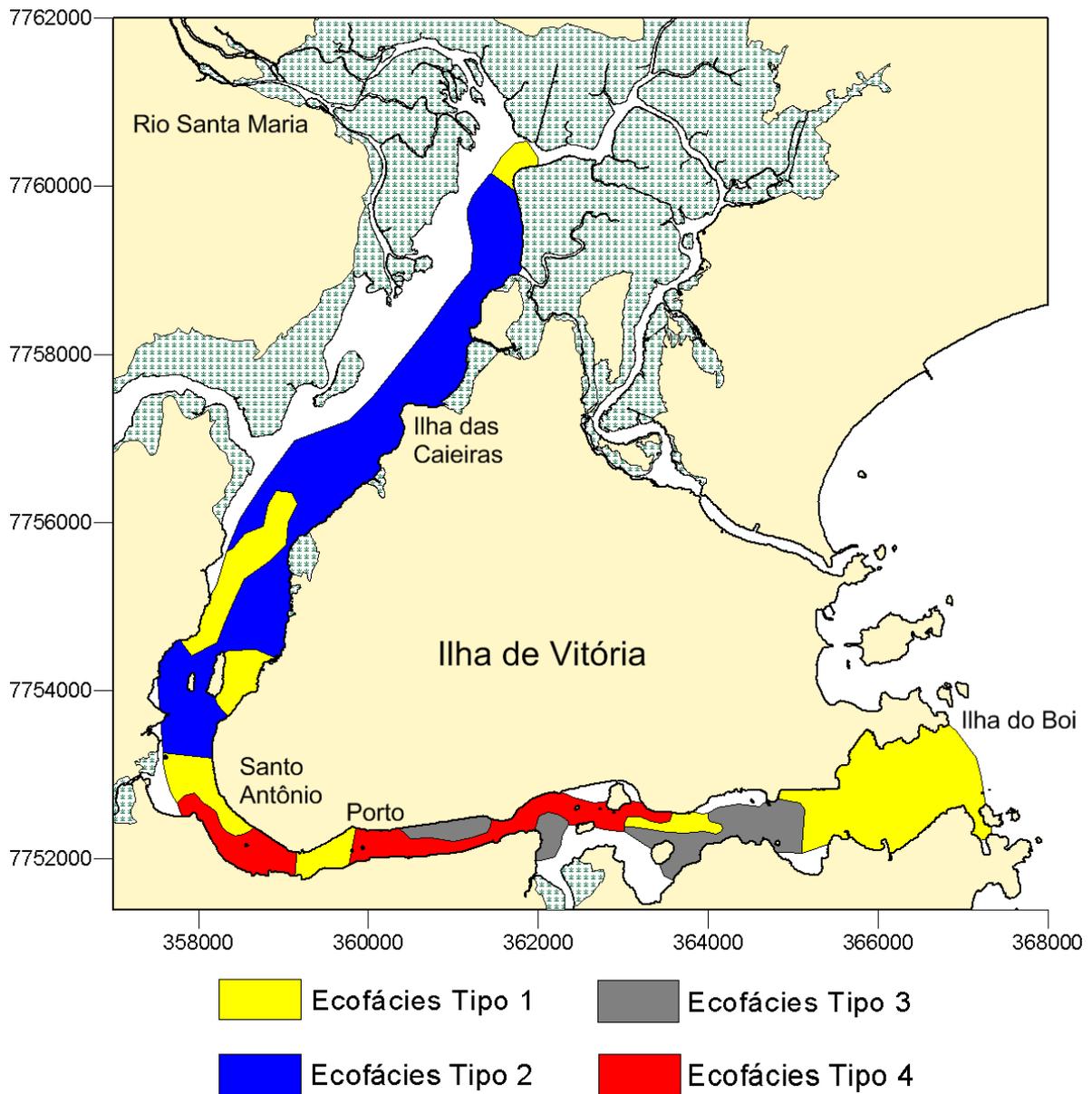


Figura 4.4: Mapa da Baía de Vitória, mostrando a distribuição das ecofácies identificadas.

A ecofácies **Tipo-1** é caracterizada por um fundo de baixa penetração do sinal acústico e uma superfície de alta reflexão, onde podem ou não ser encontradas dunas subaquosas e não é possível se observar refletores de subfundo. Esta ecofácies é representada na sísmica pelo eco-caráter Plano de Baixa Penetração, e representada nos registros de sonar pelos padrões Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão e Dunas Subaquosas. Esta ecofácies está relacionada a sedimentos arenosos, e sua distribuição engloba todo o estuário, predominando nas regiões da entrada da baía e a área da inflexão da Baía de Vitória.

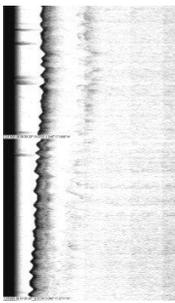
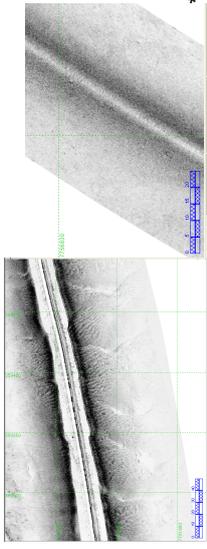
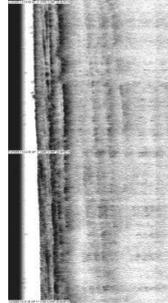
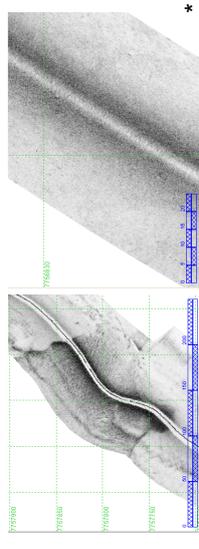
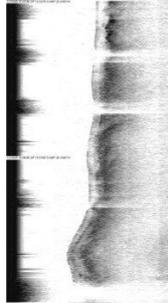
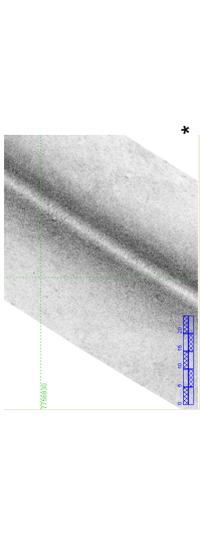
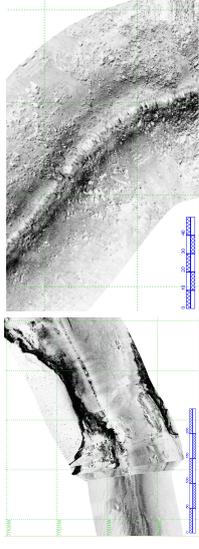
A ecofácies **Tipo-2** é caracterizada por um fundo de alta penetração do sinal acústico e uma superfície de reflexão cuja intensidade de retorno do sinal é variável, onde são visíveis refletores de subfundo. Na sísmica, esta ecofácies é representada pelo ecocaráter sísmico Plano de Alta Penetração, enquanto que nos sonogramas, esta ecofácies é representada tanto pelo padrão de Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão quanto pelo padrão de Formas de Fundo Irregulares de média reflexão, presente nas proximidades d delta do RSMV. Esta ecofácies é abundante na região interna da Baía de Vitória, e está relacionada a um material de fundo lamoso a arenolamoso.

A ecofácies **Tipo-3** é caracterizada por um fundo de baixa reflexão do sinal acústico, com presença de um único refletor de subfundo de alta reflexão, a partir do qual não são visíveis mais refletores. Esta ecofácies é representada na sísmica pelo ecocaráter Plano de Baixa Reflexão e nos registros de sonar pelo padrão de Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão. Os sedimentos encontrados nas regiões onde ocorre este eco-caráter são predominantemente lamosos.

A última ecofácies caracterizada é a **Tipo 4**, que apresenta altíssima reflexão, nenhuma penetração do sinal acústico, e geometria de fundo irregular e/ou hiperbólica. Nos sonogramas, esta ecofácies está representada pelo padrão Afloramentos Rochosos, e nos registros sísmicos pelo ecocaráter Hiperbólico/Irregular de Altíssima Reflexão, sendo associada ao afloramento de rochas do embasamento cristalino da região.

Na tabela a seguir estão exemplificados os tipos de ecofácies, com os registros geofísicos e a classificação do material de fundo correspondente.

Tabela 4.1: Tipos de Eco-caráteres encontrados na Baía de Vitória e suas características.

Ecofácies	Tipo de Fundo	Descrição Principal	Registro Sísmico Correspondente	Registro(s) Sonográfico(s) Corresponde(s)
1	Areia	Baixa penetração, sem refletores em subsuperfície. Com/sem presença de formas de fundo.		
2	Lama / Areia-lamosa	Alta penetração, com refletores em subsuperfície. Sem presença de formas de fundo ou com formas de fundo irregulares.		
3	Lama	Superfície do fundo de baixa reflexão, seguida de um único refletor de subsuperfície altamente reflexivo. Sem presença de formas de fundo.		
4	Rocha / Cascalho	Superfície do fundo altamente refletiva, com geometria hiperbólica e/ou irregular.		

*Obs: O padrão sonográfico Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão se relacionou com várias características de fundo distintas, não sendo possível prendê-lo a uma ecofácies em específico.

4.4 Discussão

Foram classificados quatro ecofácies distintas ao longo da Baía de Vitória. Os padrões sonográficos e os registros sísmicos apresentaram boa correlação entre si e com os materiais de fundo correspondentes. Contudo, o padrão sonográfico mais presente nos levantamentos, o padrão Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão, se mostrou associado a fundos variando de areia lamosa a lama. Observou-se ainda que em alguns pontos ocorreu uma inversão das características do eco refletido do imageamento do fundo, se comparado à sísmica de alta resolução, assim como ilustra a Figura 4.5.

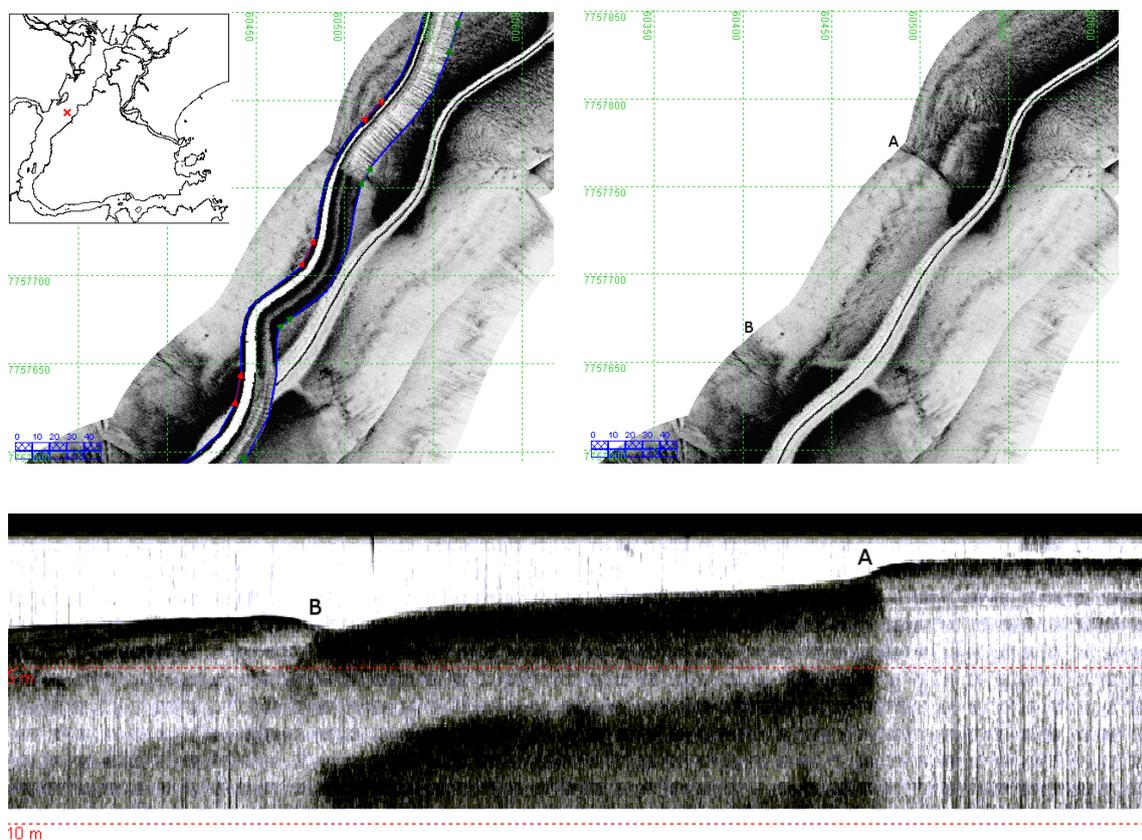


Figura 4.5: Exemplo de reação acústica inversa dos métodos geofísicos. Registros obtidos no norte da Baía de Vitória, mostrando um paleocanal em registros sonográficos e sísmicos.

Uma explicação para esta incoerência dos métodos neste ponto em específico está relacionada à morfologia da região, marcada pela presença de paleocanais. Como paleo-

canais são trechos de maior profundidade escavados por efeito de curso d'água, e estes em específico apresentam sedimentos mais grossos em seus leitos, o efeito da morfologia do fundo pode ter invertido o que seria esperado nos registros sonográficos para um sedimento mais grosso. O maior retorno acústico provocado pela proximidade do fundo sobre o sonar nas áreas de ocorrência das Formas de Fundo Irregulares superou o retorno acústico dentro dos paleocanais, apesar do efeito provocado pelo aumento da granulometria (identificado na sísmica) ser o aumento do retorno do sinal acústico.

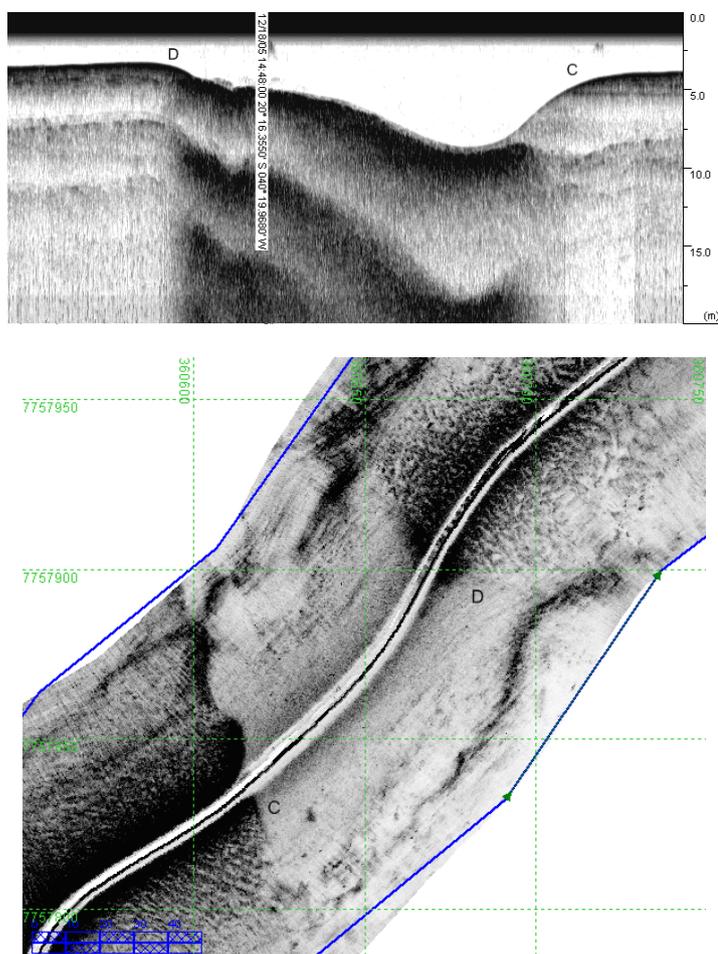


Figura 4.5 (Cont.): Exemplo de reação acústica inversa dos métodos geofísicos. Registros obtidos no norte da Baía de Vitória, mostrando um paleocanal em registros sonográficos e sísmicos.

A diferença ilustrada na Figura 4.5 não pode ser ligada apenas a morfologia local. Segundo Quaresma *et al* (2000), areias muito finas lamosas, quando bem compactadas, apresentam padrão sonográfico semelhante ao ilustrado para as Formas de Fundo Irre-

gulares. Outra explicação plausível é a presença de gás nos sedimentos do fundo do paleocanal, atenuando as ondas acústicas e mascarando as características acústicas esperadas para o fundo, assim como observou Giagante *et al* (2008) na Bahía Blanca – Argentina.

O padrão sonográfico Dunas Subaquosas expõe um campo de dunas de grande porte (entre 10 e 100m de comprimento médio, 3D, formato composto, com dunas subaquosas médias sobrepostas e oblíquas) entre o porto de Vitória e a inflexão da baía, indicando um transporte em direção a boca do estuário. De fato, Chacaltana *et al* (2003) e Rigo (2004) verificaram que as correntes dominantes durante as sizígias são as de maré vazante, enquanto que durante a quadratura, estas apresentam praticamente a mesma velocidade das correntes de maré enchente. Chacaltana *et al* (2003) e Rigo (2004) também verificaram que o manguezal é responsável por um incremento na velocidade de vazante das correntes.

É perceptível tanto nos levantamentos geofísicos quanto nos sedimentológicos que o material do fundo da baía é bastante diversificado. As alterações antrópicas são visíveis ao longo de todo o estuário, seja pela presença de pilares de pontes, seja pela alteração do material original do fundo da baía através de dragagens.

Ao final deste trabalho, notou-se que as ecofácies foram separadas prioritariamente pela sísmica, já que os registros sonográficos não permitiram visualizar todas as diferenças observadas na sísmica. Esta parece ser a decisão mais sensata a ser tomada quando se trabalha em ambientes complexos onde existirem depósitos lamosos e/ou areno-lamosos bem compactados.

4.5 Conclusão

A integração dos métodos geofísicos e granulométricos utilizados neste trabalho se mostrou importante para o entendimento dos processos sedimentares da região de estudo.

A ecofácies Tipo 1 se relacionou a fundos predominantemente arenosos, ou seja, está restrito apenas as regiões onde a hidrodinâmica atua selecionando e removendo as frações mais finas. Já a ecofácies Tipo 2 representou fundos de características lamosas a areno-lamosas, abrangendo um leque de características granulométricas distintas e, por este mesmo motivo apresentando grande distribuição ao longo do estuário, principalmente na região entre o delta do RSMV e a inflexão geomorfológica da baía. A ecofácies Tipo 3 foi relacionado a sedimentos lamosos de baixa compactação, abrangendo as regiões onde a deposição parece ser recente e onde ocorrem as chamadas lamas fluidas. O eco caráter tipo 4 se relacionou aos afloramentos rochosos expostos no leito do estuário.

Não há correspondência do padrão sonográfico Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão com um tipo específico de eco-caráter sísmico, já que os três eco-caráteres de fundo sedimentar identificados na sísmica rasa corresponderam a este padrão sonográfico em ao menos algum trecho da área de estudo.

Apesar disto, as ferramentas aqui empregadas permitiram o entendimento da distribuição sedimentar da região de estudo, o que reforça a competência dos levantamentos geofísicos no entendimento da distribuição e dinâmica sedimentar dos ambientes aquáticos em geral.

5. MORFOLOGIA, DISTRIBUIÇÃO SEDIMENTAR E SONOGRAFIA EM UM SISTEMA ESTUARINO TROPICAL: BAÍA DE VITÓRIA, ES

5.1 Introdução

Estudos que visam identificar a morfologia e a distribuição sedimentar dos estuários são importantes para identificação de possíveis zonas de acúmulo de poluentes e sedimentos, além de contribuir para o conhecimento dos sistemas estuarinos e do seu comportamento quanto à distribuição das características sedimentares e físicas. Para tanto, a caracterização morfológica, sedimentar, e o imageamento de fundo são ferramentas imprescindíveis que já vem sendo aplicadas com sucesso no estudo dos ambientes marinhos e costeiros em geral (Folk e Ward, 1957; Ayres Neto, 2000; Quaresma et al, 2001; Carmo, 2006; Bastos et al, 2007; Paolo & Mahiques, 2008).

O objetivo deste capítulo foi identificar e analisar a distribuição sedimentar e sua relação com a morfologia e formas de fundo da Baía de Vitória, inferindo processos, descrevendo parte deste sistema costeiro e preenchendo esta lacuna do conhecimento.

5.2 Metodologia

Para o estudo morfológico e sedimentológico da Baía de Vitória foram utilizados dados batimétricos compilados de várias fontes reduzidos ao nível de maré utilizado pelo DHN, amostras sedimentares coletadas na região através de busca-fundo do tipo Van-Veen, e imageamento do fundo da Baía de Vitória obtido através de sonografia. Todos os dados estão posicionados em UTM (WGS-84), e foram utilizados para a elaboração de mapas (por krigagem e por interpretação direta), onde se identificaram as variações morfológicas e a variação das características sedimentares

(ambos por interpolação de dados) e acústicas do fundo (através de interpretação manual), buscando as correlações entre as mesmas.

- Batimetria

Os dados utilizados para a confecção do mapa batimétrico foram compilados de várias fontes, tais como cartas náuticas da Marinha do Brasil; levantamentos batimétricos realizados pelo Grupo de Estudo e Ações em Recursos Hídricos (GEARH) através de ecobatímetro monofeixe, e cedidos pelo Dr. Julio T. A. Chacaltana (Laboratório de Simulação de Escoamento com Superfície Livre **LABESUL**, Departamento de Engenharia Ambiental-UFES); e dados de folhas de bordo geradas através de ecobatímetro multifeixe e cedidos pela Marinha do Brasil (DHN).

- Caracterização sedimentar

A análise da distribuição sedimentar de fundo da Baía de Vitória foi realizada através da coleta de 101 amostras superficiais de fundo. As amostras foram peneiradas a seco de 0,5 em 0,5 phi, sendo que a fração lamosa (silte e argila) foi separada a úmido em peneira de 4 phi. Para a análise estatística das amostras foi utilizado o pacote estatístico GRADISTAT (Blott & Pye, 2001), que calculou os parâmetros estatísticos segundo a metodologia proposta por Folk & Ward (1957). Além destas análises foi feita queima para obtenção do percentual de carbonato presente nos sedimentos.

Para uma análise mais criteriosa, os dados estatísticos resultantes da granulometria foram texturalmente separados segundo a classificação de Folk (1954). Também foram texturalmente e composicionalmente separados segundo a classificação modificada de Larssonneur (Dias, 1996). A Distribuição das amostras utilizadas está exposta na Figura 5.1.

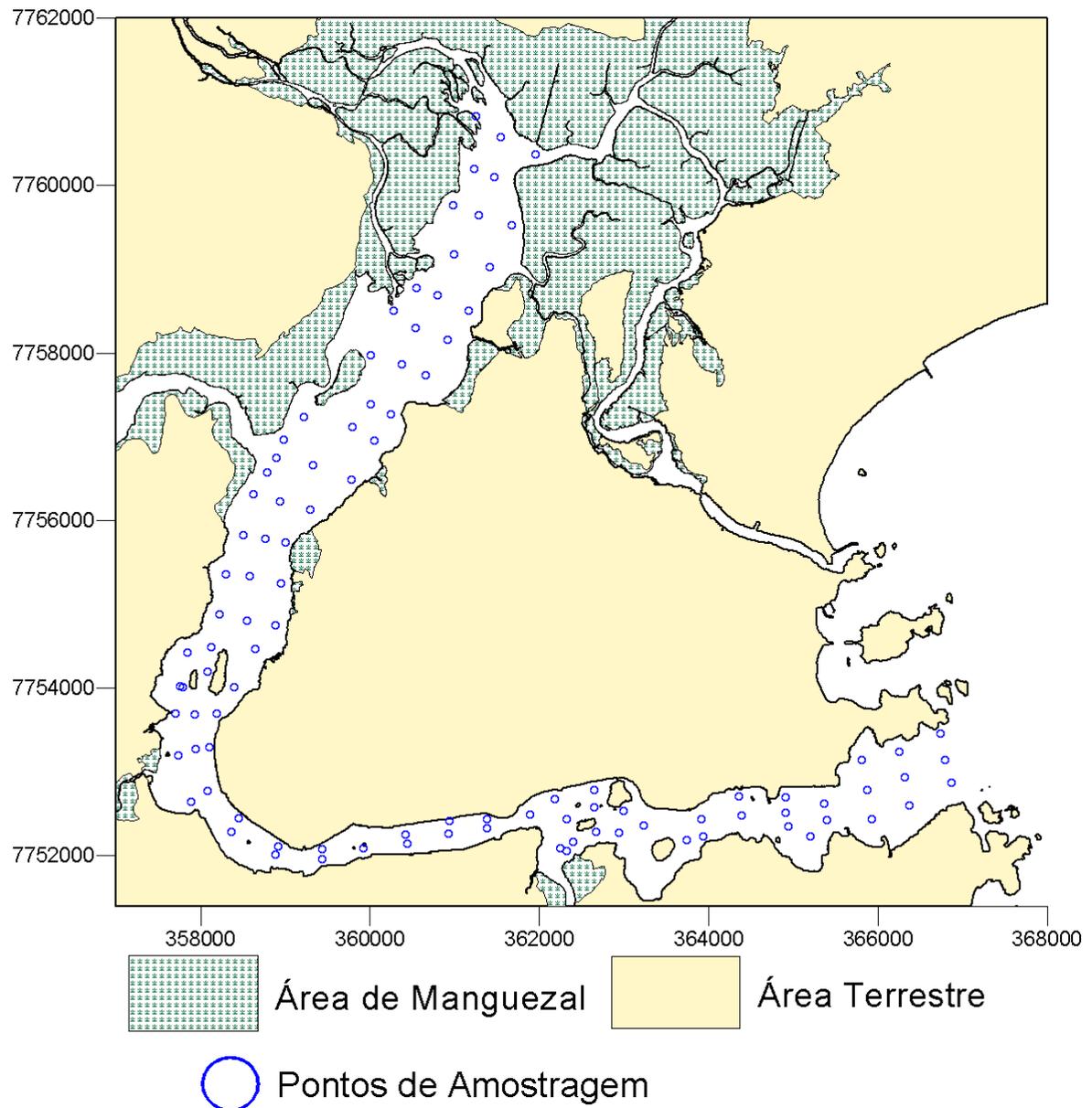


Figura 5.1: Localização dos pontos de coleta de sedimentos.

- Imageamento do Fundo

O levantamento de sonar teve o objetivo de identificar as principais feições morfológicas de fundo, relacionando com sua textura granulométrica correspondente, visando o entendimento dos padrões de distribuição destes pela baía.

Para isto, foram coletados aproximadamente 25km de linhas sonográficas sendo que a navegação foi realizada pelo canal principal da baía desde a sua desembocadura até o seu limite interior, visando cobrir toda a extensão longitudinal do estuário.

O imageamento do fundo da Baía de Vitória foi obtido utilizando-se um sonar de varredura lateral Modelo Edgetech 4100 com towfish 272TD, operando com uma frequência de 500kHz e varredura variando de 100 a 50m. Todos os dados sonográficos foram obtidos digitalmente e já integrados com posicionamento por GPS. Estes dados foram processados e interpretados usando o programa SonarWizMAP-4 da Chesapeake Technology. Os padrões sonográficos foram classificados segundo a intensidade, a rugosidade e a forma de fundo apresentada pelos registros, sempre nomeando de acordo com a composição sedimentar correspondente.

5.3 Resultados

5.3.1 Descrição morfológica

Como a área do canal de acesso ao Porto de Vitória foi a mais alterada por aterros e dragagens, a morfologia do canal principal não foi interpretada neste trecho (Fig. 5.2).

Os contornos da Baía de Vitória são bastante recortados devido principalmente à presença constante dos maciços rochosos que formam a Ilha de Vitória, responsáveis pela grande presença de enseadas, estreitamentos (também associados a aterros) e ilhas neste ambiente, assim como observou Nunes (2005). Estes maciços estão presentes desde a boca deste sistema estuarino, até próximo ao RSMV, onde este tributário apresenta ramificações no encontro de seu canal com a baía, caracterizando o que pode ser descrito como um depósito deltaico.

As vertentes da Baía de Vitória são muito íngremes, contínuas, e tornam a baía estreita, limitando o desenvolvimento de planícies de inundação desde a boca do estuário até as ilhas próximas ao Bairro Santo Antônio. A partir deste ponto, os

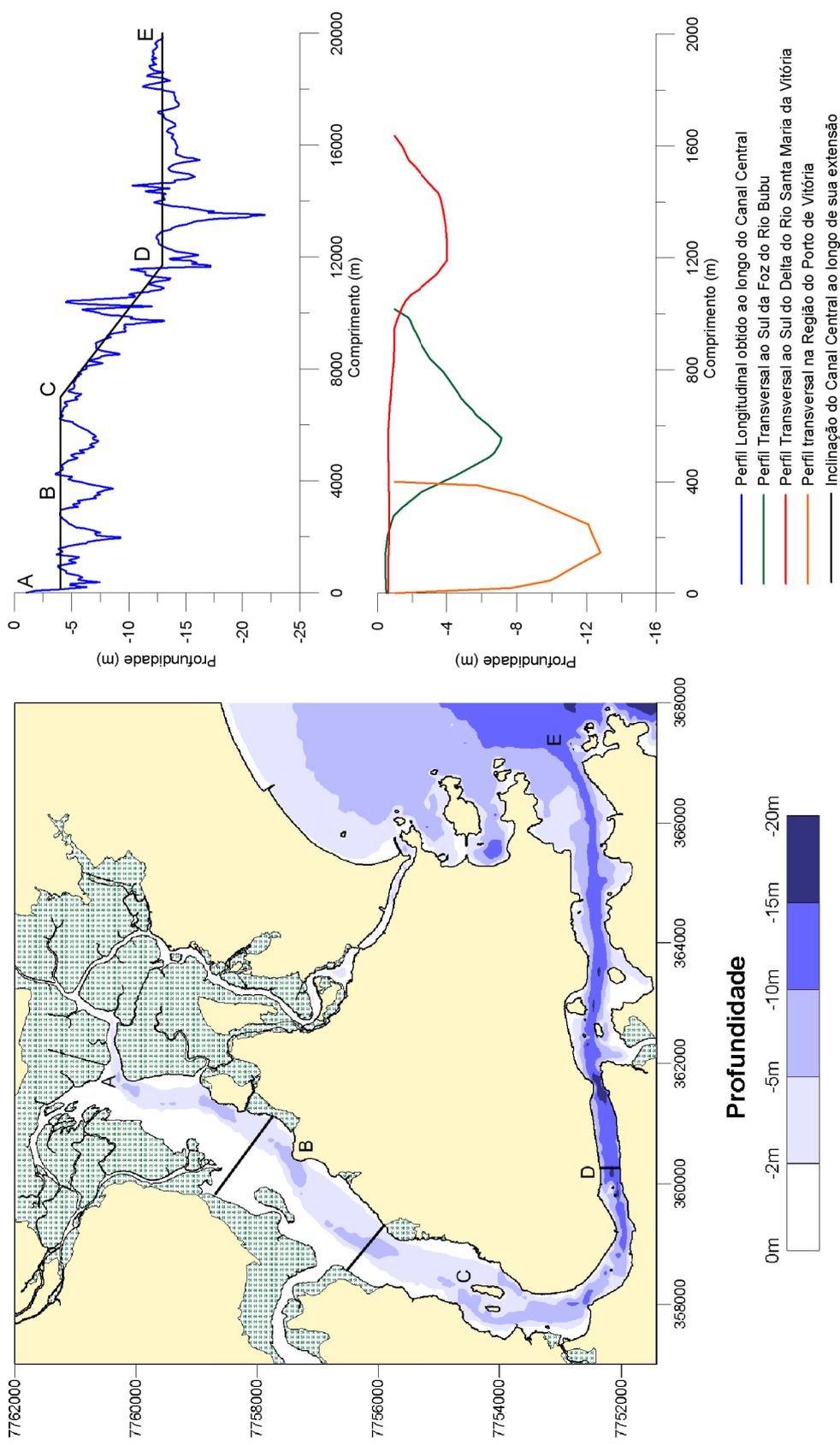


Figura 5.2: Mapa batimétrico, perfil longitudinal e perfis transversais da Baía de Vitória. As localizações do perfil longitudinal estão exemplificadas pelas letras correspondentes à esquerda, enquanto a localização das seções transversais é ilustrada pelas linhas transversais. A região localizada entre os pontos D e E, representa a região alterada por dragagens de retificação do canal central do estuário.

afloramentos rochosos que formam a Ilha de Vitória permitem o alargamento da baía e diminuem de frequência em direção ao delta, onde a planície costeira compõe a maior parte dos contornos da baía e permite o desenvolvimento de extensos manguezais ao norte da Ilha de Vitória. A influência do Grupo Barreiras se restringe apenas a um pequeno trecho ao norte da planície de inundação do sistema estuarino.

A orientação NE-SW da Baía, característica de toda a porção Noroeste, é substituída pela orientação L-W na região próxima a Santo Antônio, formando a inflexão da Baía de Vitória.

A batimetria da Baía de Vitória se mostra bastante complexa, onde se observa a presença de um canal principal ao longo de toda a Baía de Vitória cercado por grandes áreas planas de baixa profundidade, sendo que este canal encontra-se artificialmente adaptado para navegação na região do canal de acesso ao Porto de Vitória.

O canal principal é estreito e relativamente raso (até 8 metros de profundidade) na região ao norte da Ilha das Caieiras com sua localização próxima aos contornos da Ilha do Lameirão, onde são presentes extensos manguezais, que diminuem sua área de cobertura rumo ao sul. Este canal se alarga a partir da Ilha das Caieiras para o sul, tomando posição central no estuário e desviando nas regiões com presença de ilhas. No trecho correspondente a inflexão da Baía de Vitória, o canal principal se torna gradualmente mais profundo (até 12 metros de profundidade), e a baía se estreita. Nesta região, os efeitos da morfologia somados aos efeitos das dragagens aumentam em aproximadamente 8 metros a profundidade do canal principal deste trecho até a boca do estuário (Fig. 5.2).

5.3.2 Distribuição Sedimentar

Os sedimentos da Baía de Vitória, no geral, são compostos de areia lamosa e lama, com presença de conchas e carapaças de organismos associados às frações mais grossas e/ou cascalhosas, cuja análise da composição biodetrítica não é objetivo deste trabalho. Existe um aumento no diâmetro médio dos grãos próximo à Ilha do Boi, ao delta do RSMV e dos estreitamentos existentes nos arredores do bairro Santo Antônio.

No mapa de distribuição textural segundo a classificação de Folk (1954) se verifica grande irregularidade da distribuição sedimentar na área estudada. Há uma presença dominante das texturas lama arenosa e lama, interrompida por três faixas de areia-lamosa expressivas: a primeira se encontra na região do delta do RSMV, tendo seu formato associado ao mesmo; a segunda se iniciando ao sul da foz do rio Bubu, estendendo-se até a região da baía a Oeste do Bairro Santo Antônio, e a terceira faixa encontra-se na área ao Sul de Santo Antônio, estendendo-se até próximo ao Porto de Vitória (Fig. 5.3). Existe uma grande área de sedimentos arenosos associada à desembocadura da baía, ao sul da Ilha do Boi, e também são verificadas pequenas manchas cascalhosas e areno-lamosas associadas a fragmentos de conchas e afloramentos de rochas ao longo de toda a baía, aumentando a complexidade exibida por esta classificação textural. Na área central do Canal do Porto, as manchas arenosas não foram interpretadas devido às dragagens realizadas.

Já o mapa de classificação composicional e textural segundo a classificação modificada de Larssonneur (Dias, 1996) mostra uma distribuição mais homogênea, onde o padrão textural dominante é o lamoso terrígeno. Observa-se a presença de uma grande faixa longitudinal de margas na região desde a Ilha das Caieiras até próximo ao Bairro de Santo Antônio, e esta faixa tende a se posicionar ao longo da região central da Baía de Vitória, junto ao canal principal (Fig. 5.4). Margas são sedimentos lamosos com presença de restos de organismos carbonáticos (moluscos, gastrópodes, etc.) e/ou de seus fragmentos nos sedimentos superior a 30%. Também foi possível observar a presença de sedimentos arenosos litoclásticos na desembocadura da baía. A presença de fundos arenosos, segundo a classificação de Dias (1996), também pode ser observada em pontos mais restritos, como o associado à foz do RSMV, e ao longo da inflexão morfológica da baía, onde ocorrem estreitamentos.

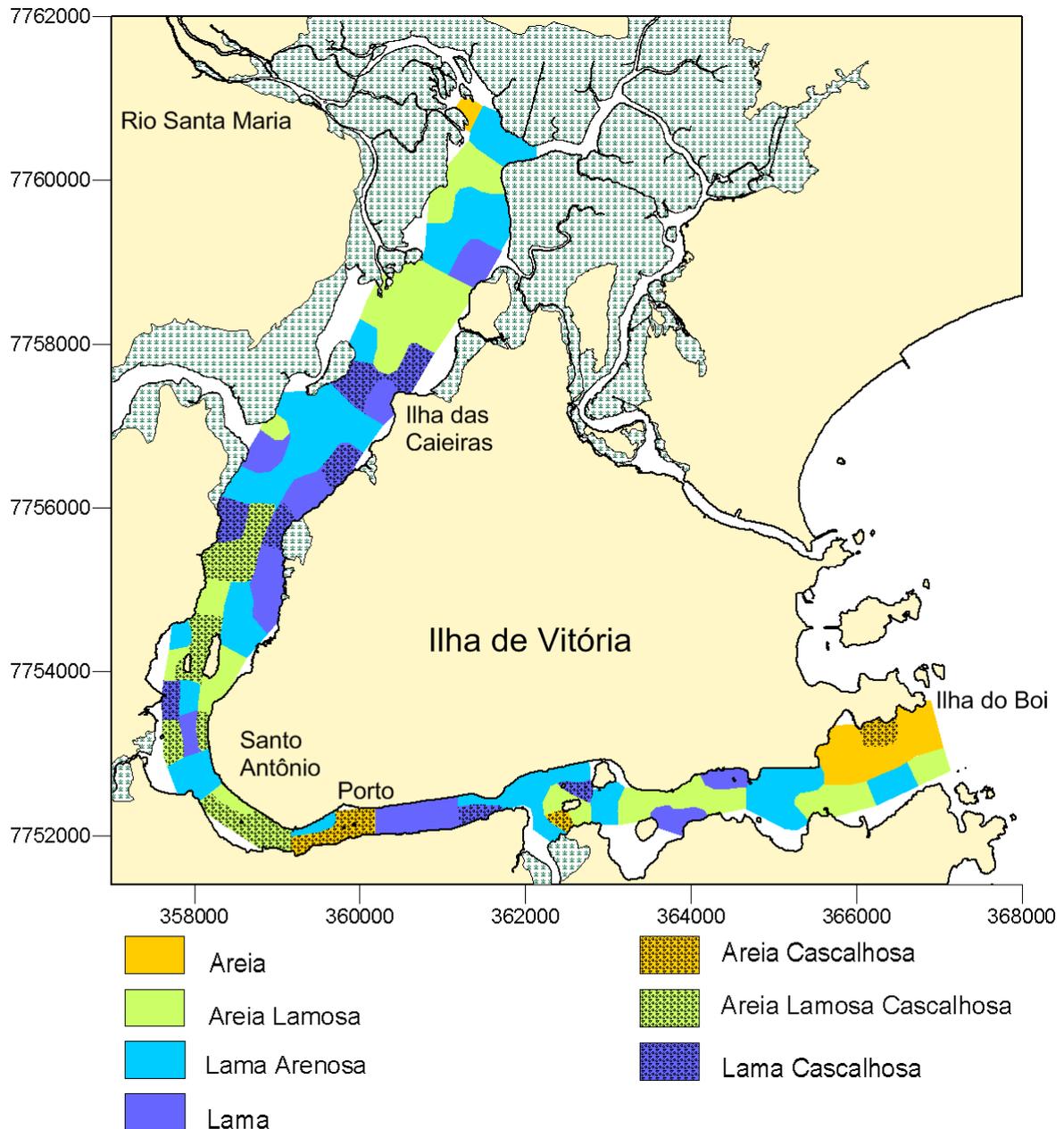


Figura 5.3: Mapa de classificação textural dos sedimentos da Baía de Vitória, segundo a classificação de Folk (1954).

A distribuição do percentual de lama nos sedimentos foi separada seguindo a classificação modificada de Larssonneur (Dias, 1996), assim como mostra a Figura 5.5. Este mapa enfatiza a grande concentração de sedimentos coesivos presentes na Baía de Vitória, cuja média é de mais de 50%. Este padrão dominante é interrompido por três faixas onde o teor de lama é inferior a 50%. Estas áreas correspondem às areias lamo-

sas descritas no mapa baseado na classificação de Folk (1954), e ocorrem na foz do RSMV, do sul da foz do rio Bubu até junto às ilhas da região de Santo Antônio, e nos estreitamentos artificiais da baía onde a mesma sofre a inflexão, próximo ao Porto de Vitória. Junto à desembocadura do estuário, os teores de lama também apresentam valores de menos de 15%, principalmente junto a Ilha do Boi.

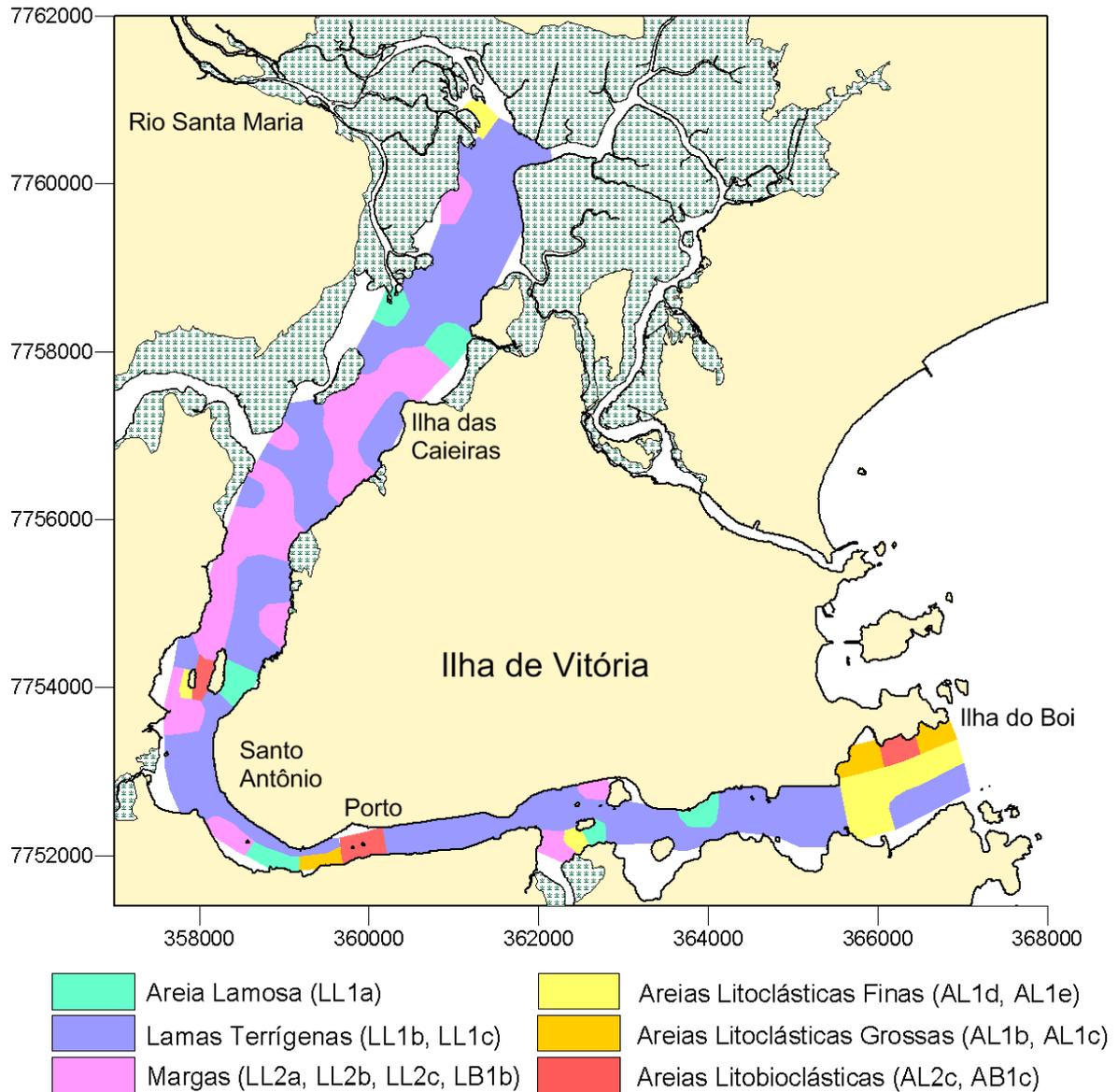


Figura 5.4: Mapa de classificação textural dos sedimentos da Baía de Vitória, segundo a classificação modificada de Larssonneur (Dias, 1996).

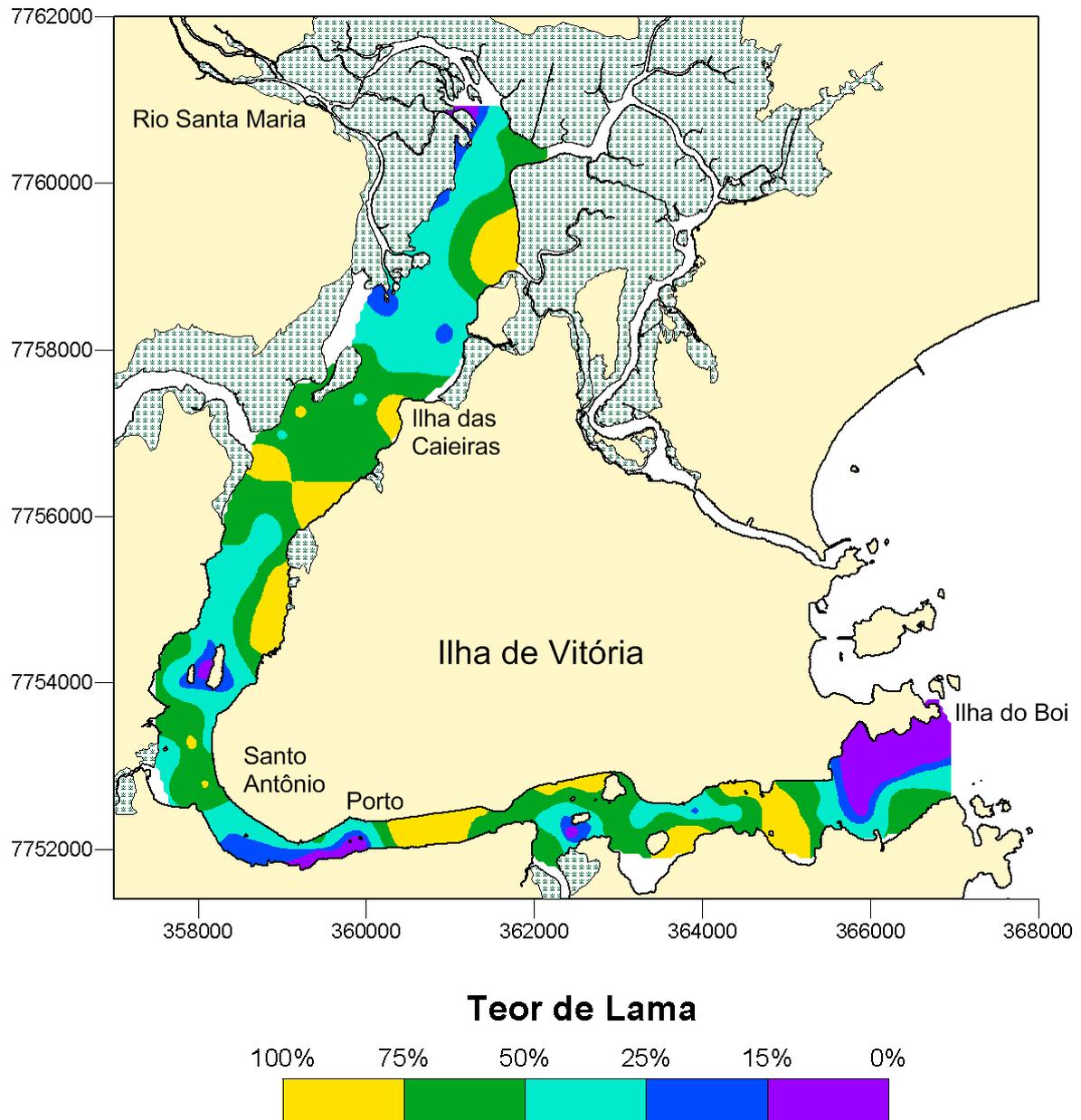


Figura 5.5: Mapa de distribuição do percentual de lama nos sedimentos da Baía de Vitória.

5.3.3 Imageamento de Fundo

A análise dos sonogramas permitiu o reconhecimento de 4 tipos distintos de padrões sonográficos: Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão, Dunas Subaquosas, Formas de Fundo Irregulares, e Afloramentos Rochosos, assim como ilustra a Figura 5.6. Também

é perceptível o grande número de alvos isolados presentes ao longo de toda a baía, compostos principalmente por resquícios de atividades humanas, como naufrágios, cabos, redes, objetos metálicos e resquícios da construção das pontes.

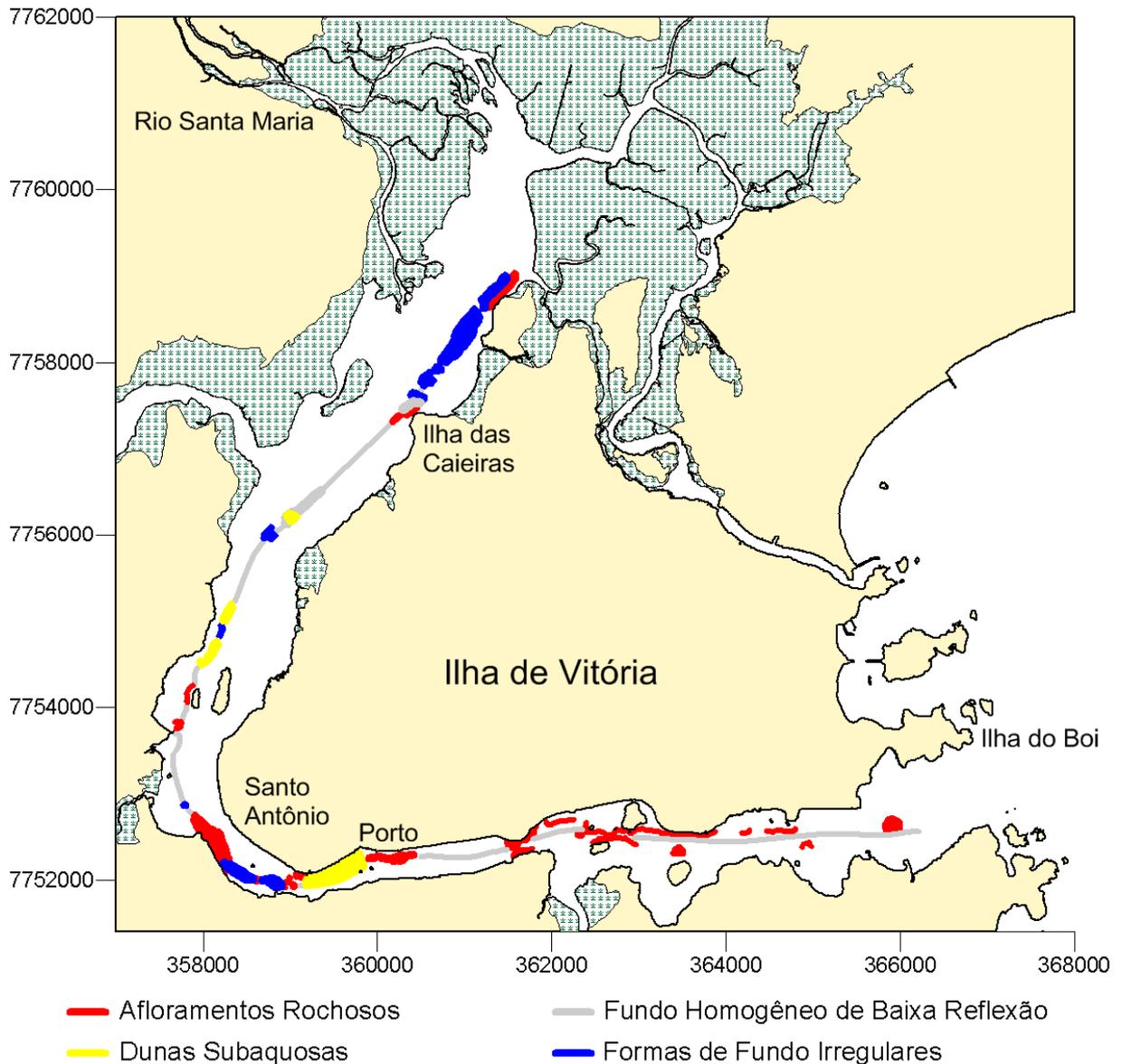


Figura 5.6: Distribuição dos padrões sonográficos ao longo da Baía de Vitória.

O padrão Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão está relacionado tanto a sedimentos arenosos quanto lamosos, não sendo possível diferenciá-los ao longo de grande parte da baía apenas pelos registros sonográficos. Este padrão homogêneo de baixa reflexão por vezes apresentou marcas de arrasto de redes e marcas de draga, atividades estas

que alteram as características sedimentares destas faixas. Por este motivo, estas faixas são exemplificadas na Figura 5.7.

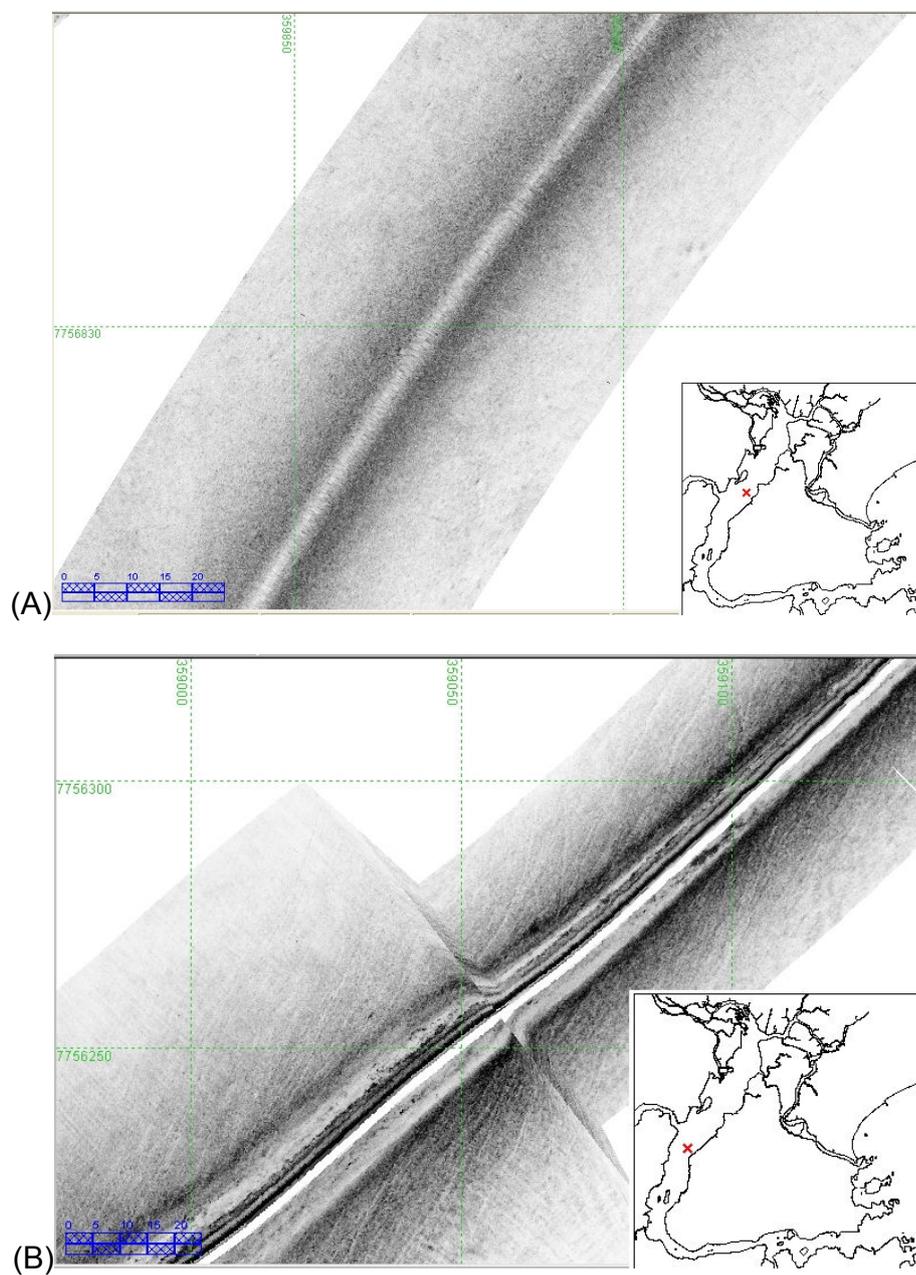


Figura 5.7: Exemplos do padrão de Fundo Homogêneo com Baixa Reflexão e de suas alterações antrópicas. Padrão de Fundo Homogêneo com Baixa Reflexão (A); Padrão com marcas de arrasto de redes (B).

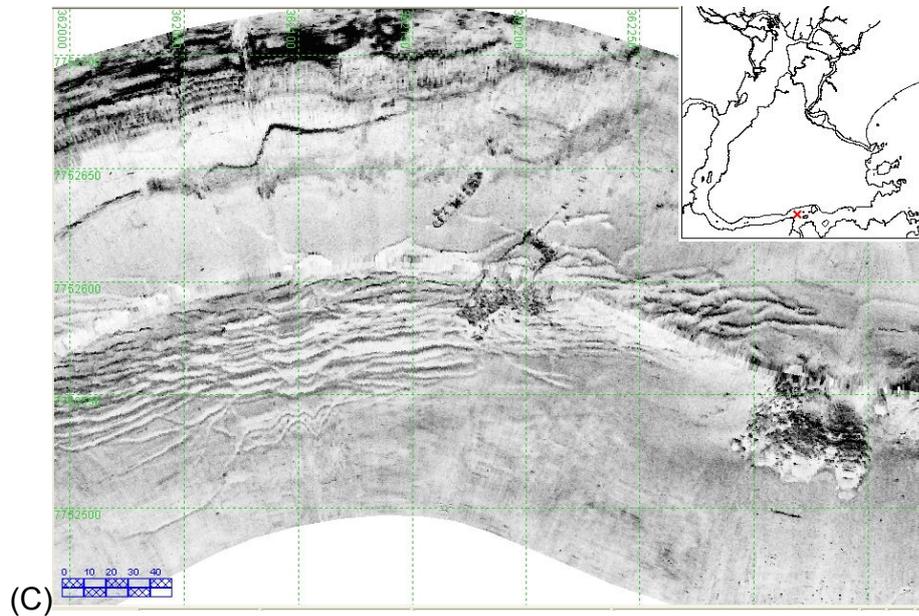
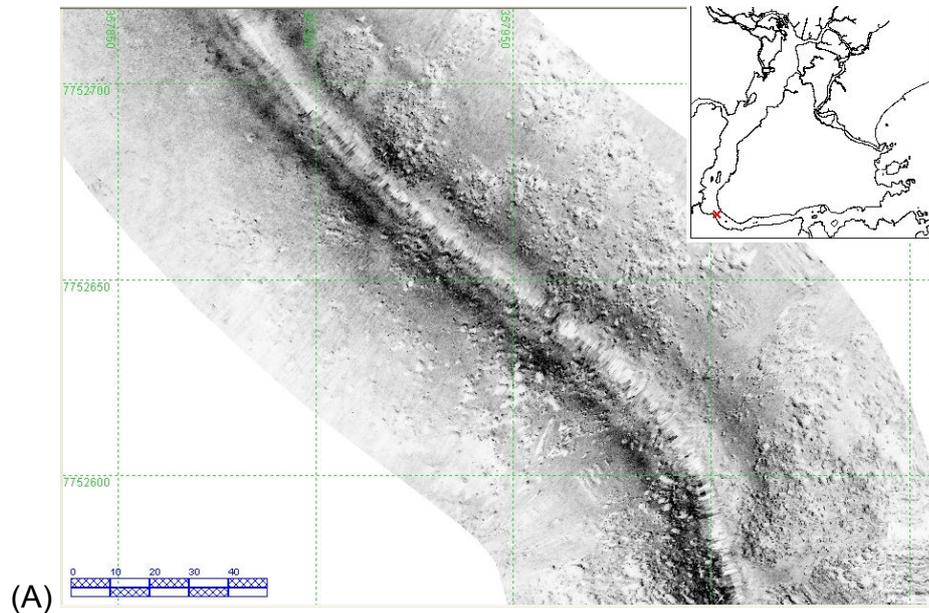


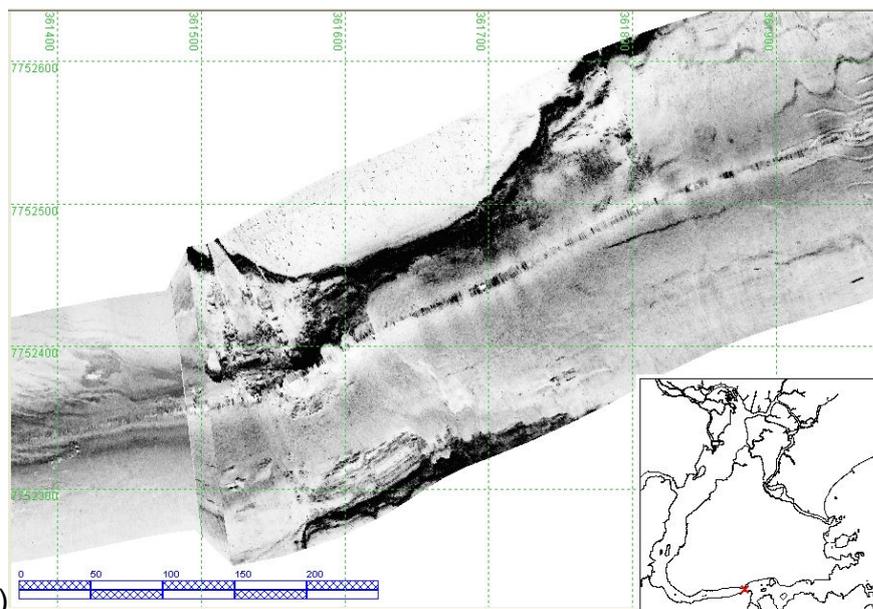
Figura 5.7 (Cont.): Padrão com marcas de dragagem e presença alvos isolados (naufágios) (C).

Afloramentos Rochosos foram facilmente identificados e se apresentaram importantes em toda a baía, principalmente no trecho entre a inflexão da baía, próximo a Santo Antônio até a desembocadura do estuário. Foram assim nomeados de acordo com o padrão heterogêneo de alta reflexão apresentado pelos mesmos. Os estreitamentos da Baía de Vitória mais expressivos, como era esperado, estão relacionados a este padrão, já que a morfologia da baía é condicionada pelos afloramentos dos granitóides que formam a Ilha de Vitória e parte do município de Vila Velha (Fig. 5.8).

O padrão de Dunas Subaquosas foi assim denominado por causa das formas de fundo regulares apresentadas pelo mesmo. As respectivas feições foram divididas em função de suas dimensões em *dunas subaquosas médias* (de 0,6 a 5m de comprimento médio, formato simples, 2D) e *dunas subaquosas grandes ou gigantes* (entre 10 e 100m de comprimento médio, 3D, formato composto, com dunas subaquosas médias sobrepostas e oblíquas) através da classificação descritiva de dunas proposta por Ashley (1990), assim como realizou Paolo & Mahiques (2008) e Bastos et al (2002) (Fig. 5.9).



(A)



(B)

Figura 5.8: Padrões relacionados a Afloramentos Rochosos. a) Registro de sonar associado a blocos de rochas; b) Registro de sonar associado a afloramentos presentes em um estreitamento natural da baía, na área entre o Penedo e o Forte São João.

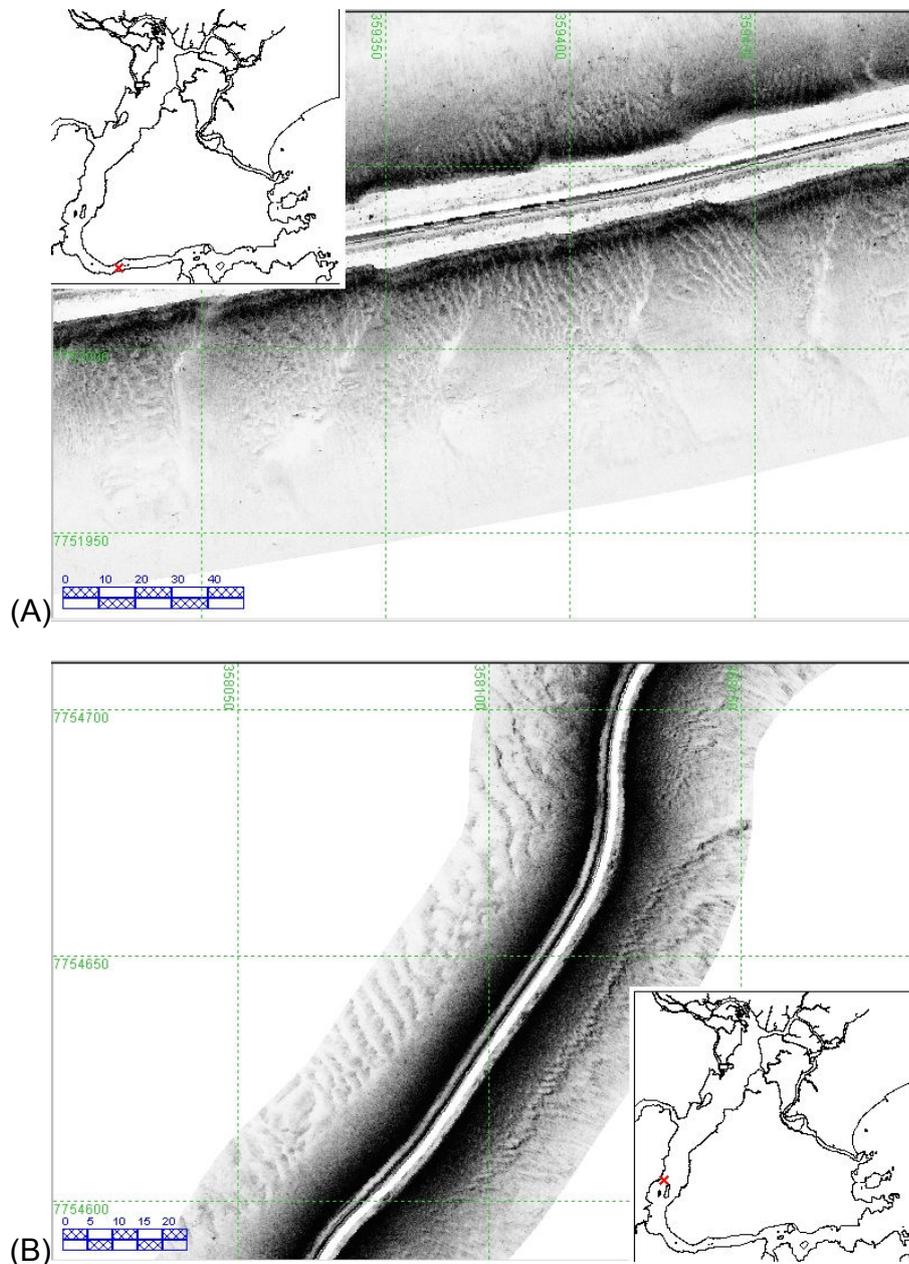


Figura 5.9: Exemplos de Dunas Subaquosas encontradas na região. a) Dunas Subaquosas grandes sobrepostas por dunas médias; b) Dunas Subaquosas médias em orientação contrária a das dunas grandes, tomando o eixo principal do estuário como base.

Existe junto ao estreitamento artificial ao sul do bairro Santo Antônio a presença de um campo de dunas subaquosas grandes voltadas para jusante. Estas formas de fundo relacionadas a correntes não são exclusividade desta região, pois há a presença de pequenos campos de dunas subaquosas médias em outros trechos ao norte desta re-

gião, assim como foi observado na Figura 5.6. Tomando o eixo principal do estuário como referência, alguns campos de dunas médias tomam orientação oposta a do campo de dunas grandes, voltando-se para montante. Todas estas formas de fundo regulares estão associadas a fundos de areia ou areias lamosas com baixos teores de lama, e exemplos deste padrão são apresentados na Figura. 5.9.

O padrão denominado Formas de Fundo Irregulares é observado em alguns trechos do canal (Fig. 5.10), mas principalmente, junto à desembocadura do RSMV. Este padrão apresenta uma reflexão heterogênea com formas de fundo irregulares na superfície, que se assemelham a pequenas marcas onduladas. A ocorrência deste padrão é bem nítido no contraste com o padrão de Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão dominante no estuário (Fig. 5.10). Em outros trechos a ocorrência deste padrão não apresenta contatos nítidos, observando-se então uma mudança suave entre o padrão homogêneo e as Formas de Fundo Irregulares. Além disto, as formas de fundo irregulares nestes trechos tendem a ser menos distinguíveis e de transição suave, assim como ilustra a Figura 5.10.

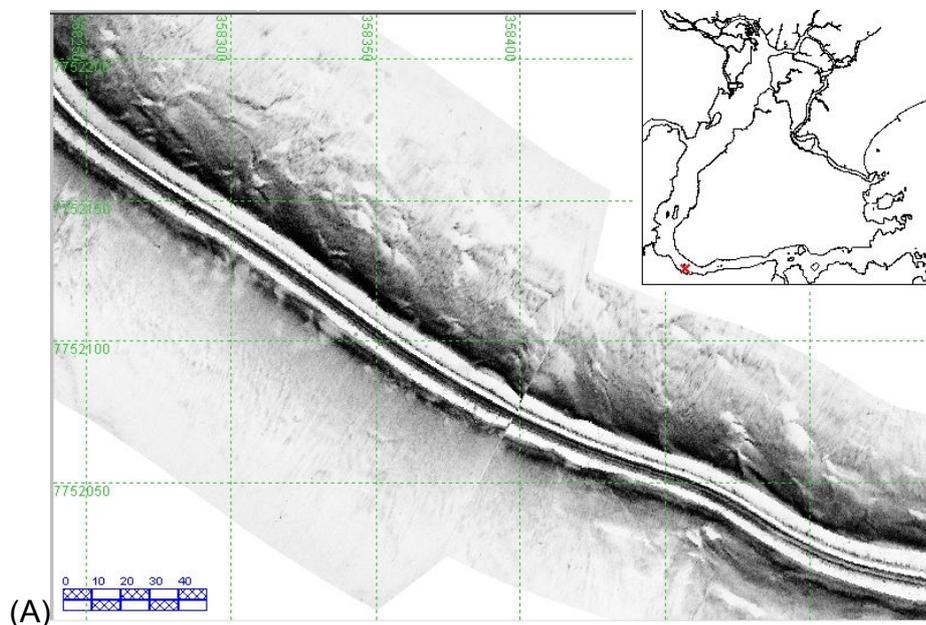


Figura 5.10: Padrões associados a Formas de Fundo Irregulares. a) Padrão de Formas de Fundo Irregulares ao sul do rio Bubu, com baixa distinção do padrão de Fundo Homogêneo de Baixa Reflexão.

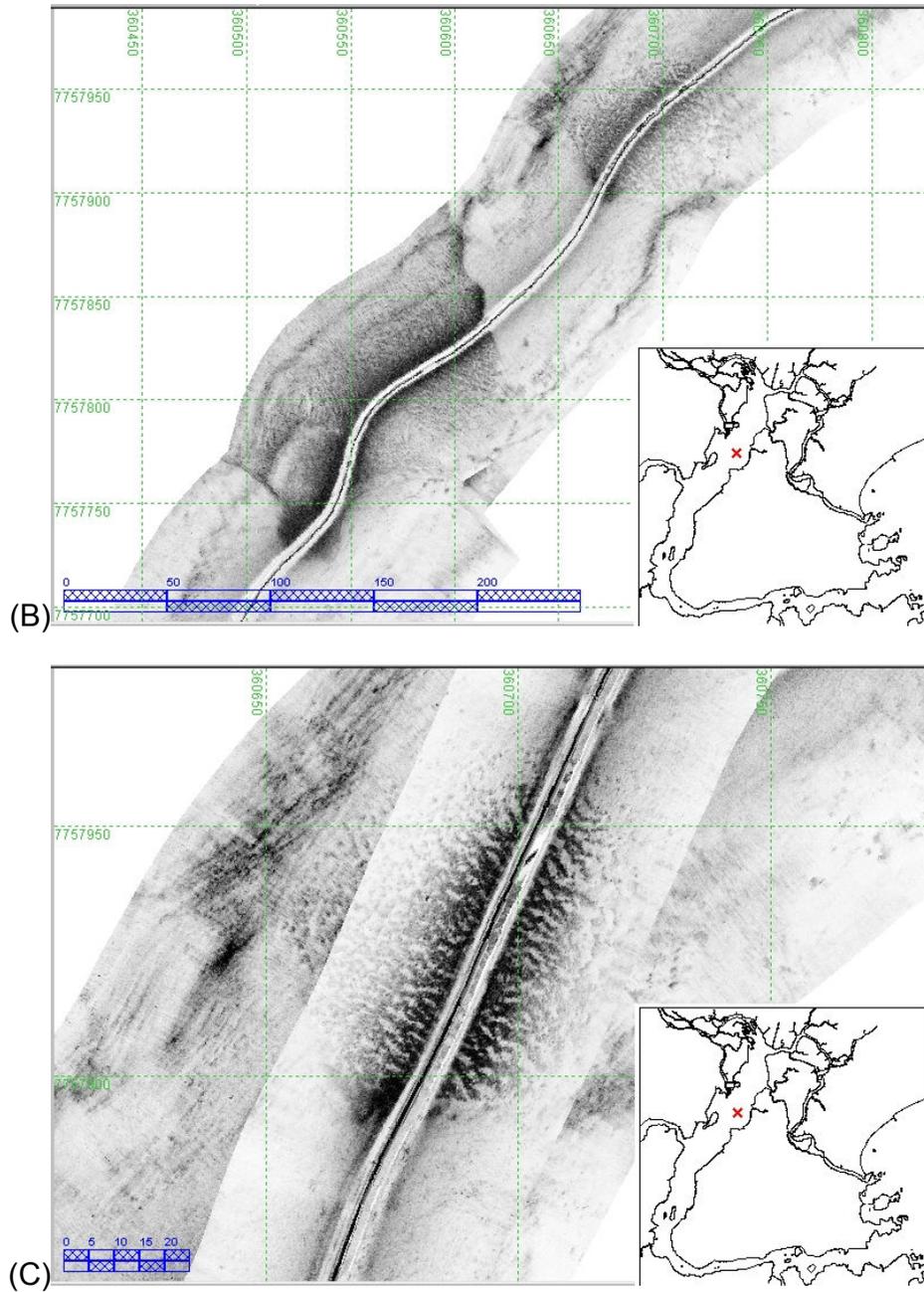


Figura 5.10 (Cont.): Padrões associados a Formas de Fundo Irregulares. Padrão de Formas de Fundo Irregulares próximas ao RSMV, mostrando a diferenciação entre este ecocaráter e o predominante no estuário (B); Detalhe do último padrão, mostrando a rugosidade da superfície (C).

5.4 Discussão

A análise integrada da morfologia com a distribuição sedimentar e os padrões sonográficos apresentou boa correlação e revelou a grande complexidade dos padrões de sedimentação na baía. Esta complexidade pode ser função da não relação entre a dinâmica atual e a distribuição sedimentar, assim como observou D'Agostini (2005). Bastos et al (2007) mostram, através de levantamentos sísmicos de alta resolução, que o canal principal da baía na região ao norte do bairro Santo Antônio é fruto de processo erosivo, indicando ainda uma tendência de baixa sedimentação (Fig. 5.11) A seção sísmica indica que, localmente, o aporte de sedimentos finos pode estar recobrando parcialmente sedimentos pretéritos que foram erodidos na formação do canal.

No geral, a distribuição da fração lamosa no estuário está fragmentada devido a vários possíveis fatores, tais como aumento na intensidade das correntes em função da morfologia do entorno da baía e da ocorrência de sedimentos biogênicos. Estas características da baía separam uma esperada distribuição contínua de altos teores de lama na região central do estuário, em faixas lamosas e areno-lamosas com formas de fundo associadas.

Seguindo uma ordem geográfica (montante-jusante), o canal central da baía se posiciona na margem contrária ao do delta do RSMV, junto a Ilha do Lameirão. Este posicionamento tem relação com a deposição dos sedimentos provenientes do rio na direção desta ilha através do delta, que pode ter provocado um deslocamento do canal principal da baía ao longo do tempo geológico. Esta característica é evidenciada simplesmente pela existência do delta do RSMV, que enfatiza o domínio dos processos fluviais neste trecho do sistema estuarino.

A distribuição textural dos sedimentos exposta nos mapas de classificação de acordo com Folk (1954), e de teor de lama, mostram três faixas areno-lamosas na Baía de Vitória, estando associadas ao aparecimento das formas de fundo tipo dunas subaquosas e as chamadas de irregulares.

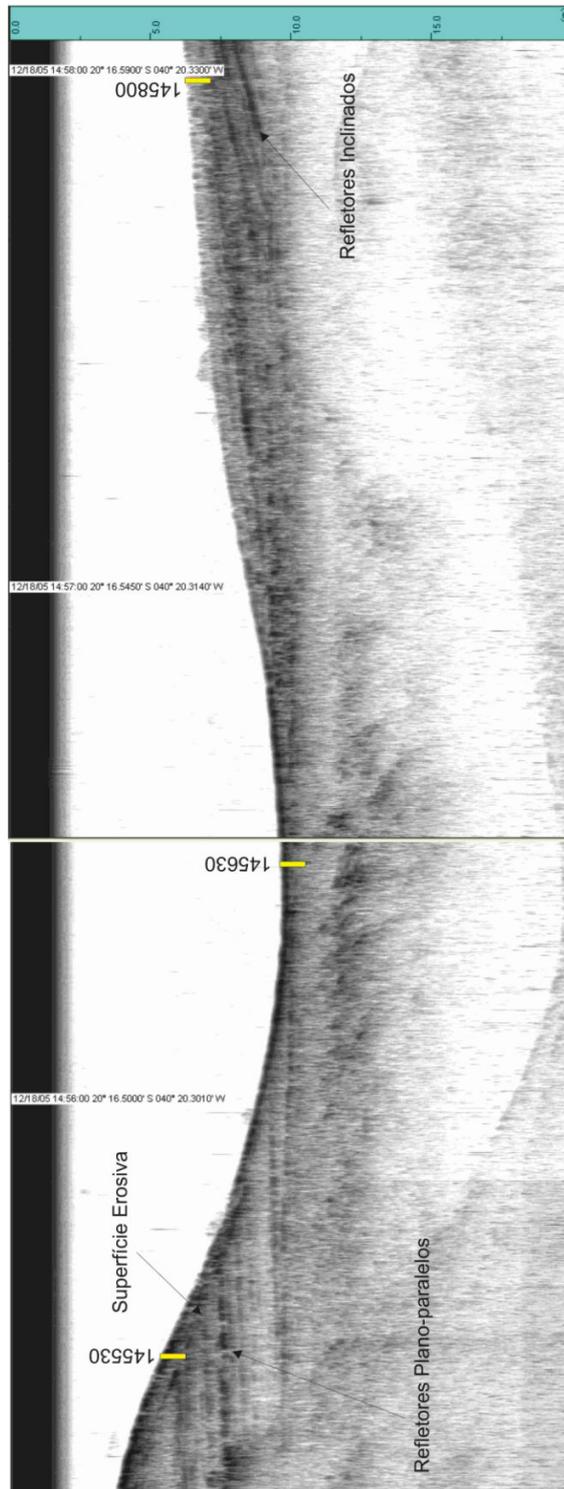


Figura 5.11: Seção transversal ao canal principal, em frente à Ilha das Caieiras. Seção sísmica adquirida com perfilador de subfundo, modelo Stratabox-10kHz.

A faixa próxima ao RSMV, como já foi dito, tem origem do aporte do principal tributário do sistema estuarino, caracterizando a frente deltáica. As outras duas faixas parecem ser resultantes do efeito de estrangulamentos da baía e pela presença dos maciços que formam o Arquipélago de Vitória, que aumentam as correntes neste trecho do ambiente em questão, ou seja, na inflexão da baía.

À medida que os sistemas fluviais perdem competência no transporte dos sedimentos, os sedimentos são gradualmente depositados de acordo com seu diâmetro, ou seja, os sedimentos lamosos são os que alcançam maiores distâncias da foz dos rios, assim como descrito para deltas de cabeceira (Davis Jr, 1985). Esta gradação, típica de áreas de progradação de delta, é observada junto ao delta do RSMV nos mapas de Classificação segundo Folk (1954) e no de Teor de Lama, porém não é tão evidente no mapa de classificação modificada de Larssonneur (Dias, 1996).

As Formas de Fundo Irregulares presentes junto ao delta do RSMV são relacionadas ao aporte sedimentar deste rio e as baixas correntes deste trecho, que não conseguem remobilizar todo o sedimento que aporta a área.

A partir da Ilha das Caieiras em direção sul, o entorno da Baía sofre um estreitamento que provoca um alargamento e aprofundamento do canal principal. Esta mudança morfológica pode ter relação com o aumento da vazão encontrada nos poucos estudos já realizados na região (Chacaltana et al, 2003), que estaria associada a um aumento do fluxo sedimentar, removendo uma fração dos sedimentos finos deste trecho do sistema estuarino. Inclusive, como o ambiente em questão apresenta domínio das correntes de vazante (Rigo, 2004), os sedimentos remobilizados provavelmente estão sendo transportados em direção à desembocadura do estuário.

Ao longo de todo o trecho da baía com orientação NE-SW, que compreende da desembocadura do RSMV até a região de Santo Antônio, é observada a tendência de erosão do fundo, observada na seção sísmica apresentada por Bastos et al. (2007). As características erosivas observadas neste trecho podem estar indicando o retrabalhamento de sedimentos pretéritos que seriam parcialmente misturados com sedimento fino que aporta a região na atualidade. Isto indicaria que a maior parte dos sedimentos lamosos provenientes dos rios que aportam o estuário atualmente não permanece no fundo des-

te trecho do estuário, podendo estar sendo transportados para as planícies de manguezal e para áreas a jusante, como o Canal do Porto.

A faixa de margas presente no mapa de classificação segundo Dias (1996) está localizada junto ao canal central, e parece ser consequência da produção biológica local, apesar das descrições das amostras verificarem alto grau de fragmentação destes restos de organismos, o que sugere retrabalhamento. Esta alta concentração carbonática não é comum em estuários, o que indica que a mesma seja resultado do processo erosivo descrito, que estaria concentrando as frações de maior granulometria. Esta faixa pode estar sendo alterada pela pesca com redes de arrasto de fundo do tipo balão para pesca de camarão, exercida diariamente na região, que ressuspendem os sedimentos mais finos mecanicamente. Inclusive, a alta fragmentação dos sedimentos carbonáticos deste trecho do estuário estariam sendo provocadas por esta prática ilegal.

As imagens de sonar não apresentaram diferenças entre esta faixa de margas e os sedimentos predominantemente lamo-arenosos do estuário, ambos sendo caracterizados pelo mesmo padrão predominante de Fundo Homogêneo. Este fato é provocado pelas características acústicas semelhantes destes sedimentos, fato incomum entre sedimentos de características granulométricas e composicionais diferentes imageados sob a mesma condição ambiental. Porém, pode ser consequência da alteração diferencial de um mesmo depósito sedimentar.

O padrão Dunas Subaquosas está associado à faixa areno-lamosa delgada presente nos extremos da inflexão da Baía de Vitória. Estas Dunas Subaquosas parecem ser consequência dos estreitamentos naturais e artificiais da Baía de Vitória, que mantém este trecho do estuário com as correntes mais altas observadas na Baía de Vitória (Chacaltana et al, 2003; Rigo, 2004). Outra observação plausível é que as dunas subaquosas estão relacionadas ao segmento do perfil longitudinal de maior inclinação média, que corresponde à área que antecede a região dragada do estuário. A redução do nível de base relativo através da atividade de dragagem pode estar aumentando a tendência erosiva natural observada para a região do bairro Ilha das Caieiras até o final da inflexão da Baía de Vitória. Com isso, o processo de remoção da fração lamosa dos sedimentos pelas correntes pode ter se intensificado, permitindo que, com a diminuição

da coesividade do fundo, a fração arenosa seja transportada pelo fundo, inclusive auxiliando a formação das Dunas Subaquosas e as Formas de Fundo Irregulares observadas neste trecho. O que corroboraria esta hipótese é o aumento da inclinação média do fundo observada no perfil longitudinal do estuário, justamente onde se restringem estas formas de fundo, ou seja, na região que antecede à área dragada.

Na região do Canal do Porto, os efeitos das intervenções realizadas até então são visíveis tanto na morfologia quanto na distribuição dos sedimentos. Na verdade, estes padrões não correspondem totalmente ao esperado por consequência das dragagens e aterros, que mascaram as características originais deste ambiente estuarino e determinam toda a morfologia e distribuição das propriedades granulométricas dos sedimentos. Isto é corroborado pela grande quantidade de marcas de dragagem e pela presença de pilares de pontes neste trecho da área de estudo. No entanto, a alta deposição de lama neste trecho do sistema estuarino rico em estreitamentos indica que as dragagens podem ter contribuído para redução da hidrodinâmica local, principalmente junto ao fundo, permitindo que ocorresse a deposição de sedimentos lamosos. Como as regiões a montante apresentam características que não favorecem a deposição sedimentar, com exceção da região do delta do RSMV, os sedimentos finos que aportam este estuário provavelmente estão se depositando neste canal dragado, nas enseadas e áreas de planície de marés, quando estes permanecem no estuário.

Na desembocadura do sistema estuarino, apesar do imageamento novamente não mostrar diferenças entre as texturas sedimentares, ocorre o predomínio de areias retrabalhadas pela atuação de ondas na região. Segundo Carmo (2006), há uma entrada de sedimentos da Baía do Espírito Santo para a Baía de Vitória, sendo esta afirmação obtida em resultados de modelos de tendências granulométricas, o que explica a presença destas areias.

Esta entrada de sedimentos na Baía de Vitória parece ter relação com a própria entrada das ondas na baía associada às correntes de fundo, que estariam carreando estas areias estuário adentro. As dragagens que estariam facilitando este transporte sedimentar, já que mantém o fundo relativamente plano, ao contrário da inclinação natural esperada para jusante.

Como esperado, o padrão de distribuição geral dos sedimentos, se analisados conjuntamente com os dados da Baía do Espírito Santo estudados por Albino et al (2001) e Carmo (2006), apresenta sedimentos arenosos de origem marinha na região da desembocadura do estuário (Ilha do Boi para a Baía do Espírito Santo), enquanto que a maior parte dos sedimentos analisados neste trabalho podem ser consideradas deposições lamosas centrais, com a presença das deposições fluviais junto ao RSMV e das áreas areno-lamosas associadas aos estreitamentos e a concentração dos sedimentos carbonáticos presentes na baía.

Este tipo de distribuição sedimentar, no geral, é comum em estuários devido à mistura de sedimentos fluviais e marinhos provocadas pelas ondas, marés e vazão dos rios. À medida que as forçantes adentram o ambiente estuarino estas perdem força, sendo que na região central, pela perda de energia das forçantes fluviais e marinhas, predomina a deposição de sedimentos lamosos (Davis Jr., 1985; Dalrymple et al, 1992; Perillo, 1996; Roy et al, 2001). Porém, as evidências de erosão do fundo encontradas na Baía de Vitória não eram esperadas com esta intensidade, apesar destas serem comuns em estuários onde ocorre regressão marinha (Lessa et al, 1998; Lessa et al, 2000, Lessa, 2005), já que os ambientes estuarinos são áreas de deposição sedimentar e progradação costeira. Como estes trabalhos são fundamentados em padrões evolutivos teóricos, a distribuição sedimentar observada na Baía de Vitória pode ser consequência de um padrão evolutivo diferente dos supostos nos trabalhos citados.

Para uma caracterização visual dos resultados deste trabalho, a Figura. 5.12 ilustra as diferentes áreas do sistema estuarino e seus distintos processos predominantes.

5.5 Conclusão

No geral, o padrão de distribuição sedimentar existente na área de estudo se apresenta condizente com o padrão típico de ambientes estuarinos, apesar das particularidades apresentadas pelo sistema estuarino em questão, como a não-relação dos sedimentos com a hidrodinâmica atual deste ambiente e as evidências de erosão na região central do estuário presentes de forma tão pronunciada como a observada.

Os padrões de Sonar, no geral, auxiliaram e facilitaram o entendimento desta distribuição, mostrando as feições de fundo de cada região e a complexidade do fundo do sistema estuarino.

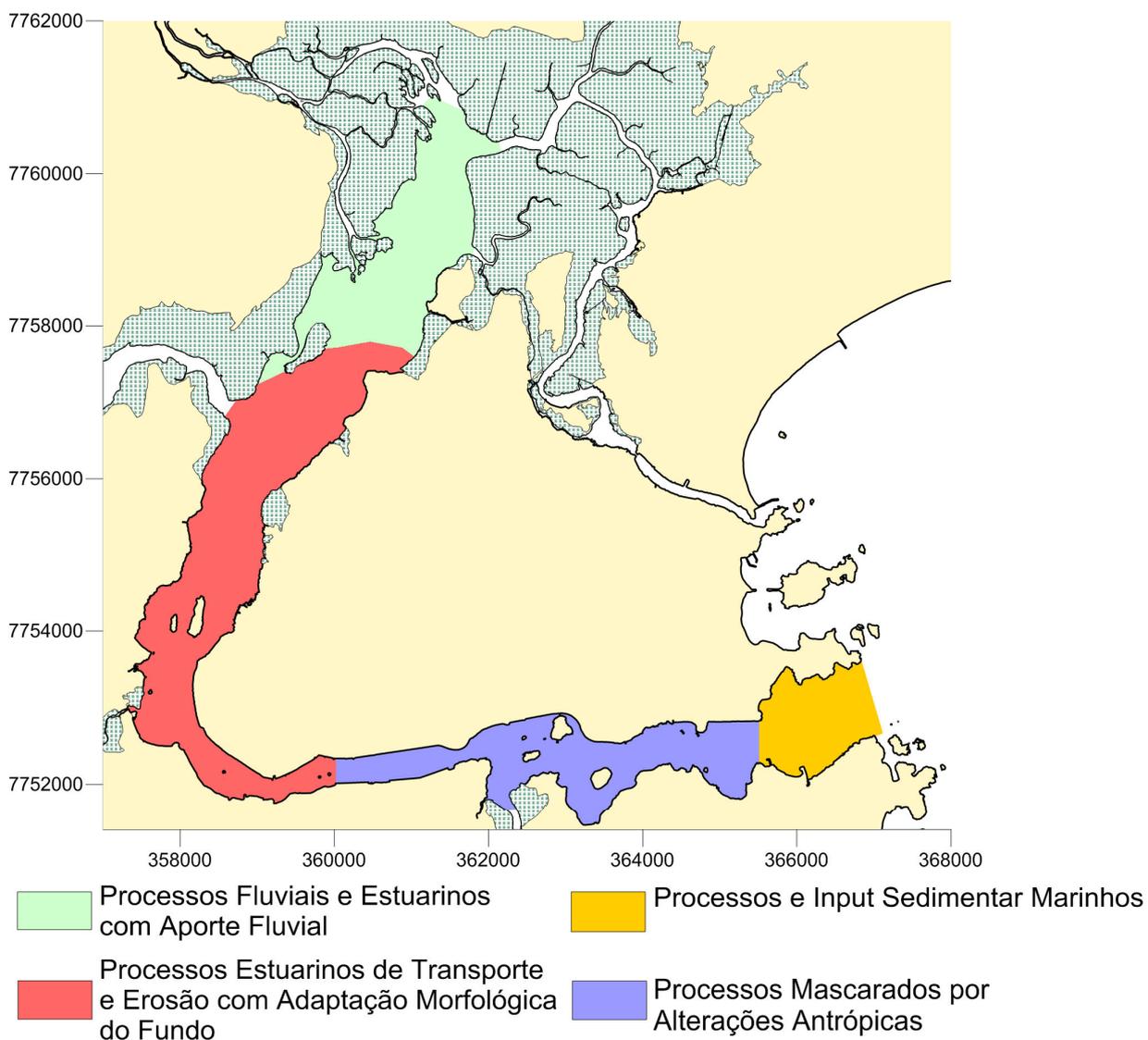


Figura 5.12: Mapa geral dos processos sedimentares inferidos neste trabalho.

De acordo com as características atuais, o sistema estuarino da Baía de Vitória parece estar sofrendo um processo de erosão provocada pela hidrodinâmica existente em seu canal central.

A distribuição dos teores de lama não apresentou a continuidade esperada para uma região central de um ambiente estuarino devido à existência dos estreitamentos do sistema, que enfatiza o domínio da morfologia na distribuição sedimentar deste ambiente, e da grande presença dos sedimentos carbonáticos.

Inclusive, a presença de carbonato e de afloramentos rochosos por grande parte da Baía de Vitória parecem ser as explicações para as pequenas manchas cascalhosas e arenosas encontradas ao longo de todo trecho central da área de estudo.

Os estreitamentos da Baía de Vitória parecem promover correntes intensas que controlam as formas de fundo destes trechos da baía, promovendo a formação das Dunas Subaquosas observadas.

Contudo, os fatores que parecem ser responsáveis pela manutenção e/ou intensificação das dunas subaquosas são os estreitamentos artificiais da baía e a redução de seu nível de base relativo através das dragagens, que provavelmente estão atuando de forma conjunta para a manutenção destas dunas, já que as hipóteses apresentadas não apresentam aspectos restritivos entre si.

O Canal do Porto apresentou tanto a morfologia quanto as características sedimentares alteradas por intervenções antrópicas, como aterros, instalação de pilares de pontes e dragagens. Estas intervenções também parecem ser as responsáveis pela alta sedimentação desta região, provocada pelas dragagens que diminuíram a hidrodinâmica junto ao fundo deste trecho do estuário.

Todavia, são necessários mais estudos acerca da evolução e dinâmica sedimentar atual deste complexo sistema para que possam corroborar algumas das hipóteses apresentadas e aumentar o conhecimento sobre o ambiente marinho em geral e deste ambiente, especificamente.

6. ANÁLISE INTEGRADA

6.1 Introdução

As características apresentadas pela Baía de Vitória até então retratam um ambiente complexo, cuja distribuição sedimentar tem relação estreita com sua evolução geológica recente. Como foi observado por Lessa (2005), o diastema da maré deve ser considerado quando da investigação e interpretação de sedimentos de fundo em estuários: “a existência de fortes correntes de maré vazante causa erosões localizadas e a formação de janelas estratigráficas, com a exumação de depósitos sedimentares mais antigos, sendo a identificação destes depósitos importante em trabalhos que investigam tendências de dispersão de sedimentos”.

O objetivo deste capítulo é interpretar conjuntamente os resultados obtidos neste e em outros trabalhos realizados na Baía de Vitória, comparando-os com os obtidos em outros estuários da costa brasileira. Através disso, este capítulo visa inferir questões importantes sobre a evolução deste estuário, como o significado das fácies sedimentares encontradas, além de englobar as conclusões gerais deste trabalho e algumas recomendações para futuros trabalhos.

6.2 Discussão e Conclusões

A costa leste brasileira apresenta características geológicas e paleontológicas que permitem retratar a variação do nível do mar a que foi submetida durante os últimos milhares de anos (Martin, 2003; Angulo *et al*, 2006). Após o último máximo glacial o nível do mar subiu até atingir o nível atual a cerca de 7000 anos AP, se elevando até cerca de 4m acima do atual em torno de 5100 anos AP. Pode-se então dizer que durante os últimos 5000 anos, a costa leste brasileira vem sofrendo uma regressão, o que caracterizaria a evolução recente dos estuários e planícies costeiras desta

Com base nos resultados apresentados até então e em resultados mais recentes, foram consideradas seis fácies sedimentares: **fácies areia siliciclástica transgressiva**, **fácies lama arenosa transgressiva**, **fácies lama arenosa mista regressiva**, **fácies areia mista transgressiva**, **fácies lama regressiva/antropogênica** e **fácies arenosa regressiva**. A distribuição das fácies é apresentada na figura 6.2. O termo mista se refere à composição litobioclástica ou biolitoclástica.

A **fácies areia siliciclástica transgressiva** é caracterizada pelo predomínio de sedimentos siliciclásticos arenosos, e está localizada na região ao sul do bairro Santo Antônio. O teor de biodetritos é bem menor que o presente na região da desembocadura do sistema estuarino, mas mesmo em pouca quantidade, os biodetritos, compostos principalmente por algas calcárias, foram fundamentais na definição das características transgressivas deste depósito, já que algas calcárias são organismos típicos de ambiente marinho (salinidade ≤ 35). Atualmente, estes depósitos estão sendo retrabalhados pelas intensas correntes de maré vazante e formam grandes dunas subaquosas, o que os caracteriza como sedimentos palimpsestos (Swift, 1972; Dias¹, 2004) assim como sugeriu D'Agostini (2005) ao indicar uma origem pretérita destes sedimentos. Estas fácies também são caracterizadas pela formação de dunas subaquosas.

A **fácies lama arenosa transgressiva** é observada ao longo de toda a região posterior da baía, mas sempre associada ao canal principal. Estes sedimentos são compostos por deposições lamosas centrais assim como as observadas no Canal do Porto, porém apresentam características muito alteradas em alguns trechos. Estas alterações foram provocadas pelas correntes de maré vazante, que removeram as frações mais finas dos sedimentos deste trecho da baía lentamente ao longo do tempo geológico, concentrando as frações mais grossas (areias e biodetritos) no leito do estuário, caracterizando o diastema da maré descrito por Lessa *et al* (1998) e o retrabalhamento de sedimentos pretéritos (palimpsestos). Estas características erosivas foram observadas por Bastos *et al* (submetido) através de sísmica, datação de testemunhos e caracterização paleoambiental através de foraminíferos, e mostram que o canal central é fruto de processo erosivo (inclusive com presença de outras superfícies de ravinamento em profundidade), expondo sedimentos antigos no leito do estuário e identificando comunidades de organismos que caracterizam am-

bientes distintos do atual (Fig. 6.3). Almeida (2009) mostra que em testemunhos coletados ao longo do canal, o topo dos mesmos apresenta foraminíferos tipicamente de salinidade marinha ou plataforma continental interna. Acredita-se que estes sedimentos sejam quase que uma mistura entre lamas tipicamente transgressivas e depósitos atuais. Vale ressaltar que também caracteriza esta fácies a ocorrência das formas de fundo irregulares descritas no capítulo 5, onde os sonogramas indicam uma marca de ondulação ou de correntes em fundos lamo-arenosos.

A **fácies lama arenosa mista regressiva** é observada ao longo de toda a região posterior da baía, entre as areias anteriormente descritas e as areias fluviais do delta do rio Santa Maria da Vitória. Estes sedimentos são compostos por deposições lamosas tipicamente das planícies de maré e manguezal, formadas a partir da regressão. Vale destacar que a fácies apresenta localmente um alto teor de carbonato em função da concentração de conchas e carapaças de organismos típicos de manguezal e planície de maré.

A **fácies areia mista transgressiva** ocorre na entrada da Baía de Vitória, onde estas areias adentram a baía pelo efeito conjunto das ondas e das correntes de maré. Como provém da área marinha adjacente, é grande a contribuição carbonática na composição destas areias*.

A **fácies lama regressiva/antropogênica** ocorre na região dragada no acesso ao Porto de Vitória, onde estas lamas estão em franca deposição na região, justificando a execução de seguidas dragagens do canal de acesso. Grande parte deste material depositado neste trecho tem origem dos aportes de esgotos que chegam à baía (Jesus et al, 2004; D'Agostini, 2005), e as características originais deste depósito são mascaradas pelas alterações antrópicas que ocorreram neste local.

A **fácies areia regressiva** é representada pelas areias fluviais identificadas nas desembocaduras dos principais tributários do delta do rio Santa Maria da Vitória. Estas areias são responsáveis pelo desenvolvimento do delta do rio, e mesmo regiões mais a jusante que não tenham o teor de areia característico apresentam teores de mica que indicam a intensa contribuição fluvial, o que indica um avanço destas areias sobre os sedimentos lamo-arenosos anteriormente citados. Todas as fácies descritas são ilustradas na Figura 6.2.

A existência de forte corrente de maré vazante causa erosões localizadas e expõe depósitos sedimentares mais antigos (diastema da maré), assim como Lessa (2005) observou em grande parte dos estuários brasileiros. As deposições sedimentares centrais lamosas acabam tendo suas frações mais finas removidas aos poucos ao longo do tempo geológico, e isto é evidenciado na Baía de Vitória pela concentração de conchas de organismos bem fragmentadas, com características que indicam uma produção local pretérita.

Estas características sedimentares são importantes para estudos de ecologia e poluição marinha, pois podem mascarar as reais características do ambiente. Como exemplo, tem-se os estudos de caracterização da contaminação dos sedimentos por metais pesados de origem antrópica, pois, se estas características não forem levadas em conta, a caracterização pode não corresponder a real contaminação antrópica local.

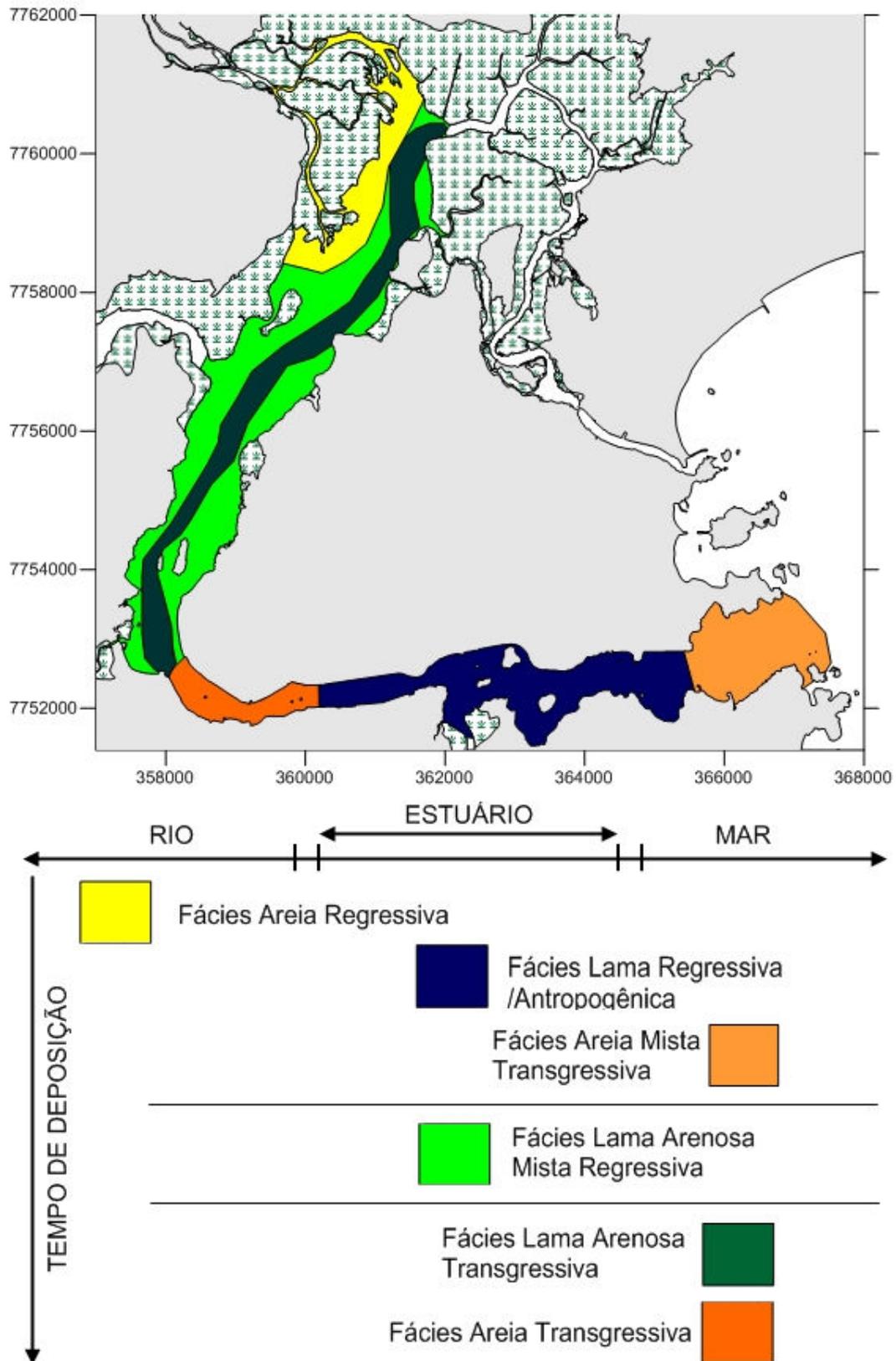


Figura 6.2: Fácies sedimentares identificadas na Baía de Vitória. As legendas se encontram em ordem cronológica.

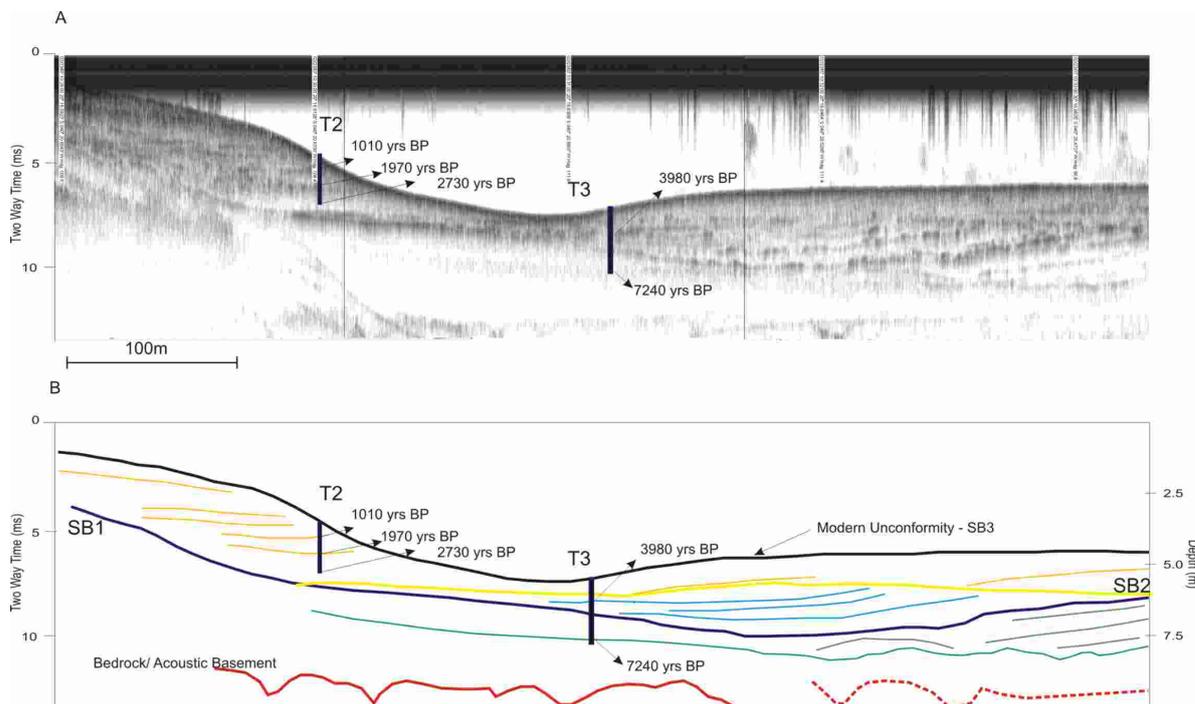


Figura 6.3: Seção sísmica de alta resolução (A) e interpretação (B). Localização dos testemunhos e das datações com carbono radioativo estão indicadas nas figuras. As superfícies de ravinamento estão classificadas como SB. As fácies localizadas abaixo da SB2 são características de ambientes marinhos abertos, enquanto que as localizadas acima desta são características de estuários. Extraído de Bastos *et al* (submetido).

A análise das fácies sedimentares em conjunto com dados já existentes possibilitaram uma interpretação do significado dinâmico e paleoambiental dos sedimentos de fundo da baía de Vitória. Ressalta-se aqui a importância de se interpretar os sedimentos de fundo de um estuário em costa regressiva, considerando o momento do estágio evolutivo e de preenchimento do mesmo. No caso da baía de Vitória, o momento atual poderia ser descrito como sendo um período regressivo, como mostra a literatura para a costa leste brasileira, porém com um forte processo de ravinamento pela maré aliado a todas as influências antrópicas, como por exemplo, dragagens e barragem do principal aporte fluvial.

Com o conhecimento e as informações geradas nesta dissertação, é difícil precisar a evolução holocênica do sistema, bem como indicar os motivos pelos quais um estuário em ambiente regressivo nos últimos 5000 anos estaria ainda sendo preenchido. Da mesma forma, é difícil precisar o que eventualmente disparou o grande processo de ravinamento, levando a formação do canal principal. Este fato poderia estar associado à evolução do sistema ou até mesmo poderia ter sido acentuado pela ação antrópica com a diminuição do aporte sedimentar e o aumento do prisma de maré a partir das dragagens (notar a diferença de nível na figura 5.2). Porém, é possível que seja apenas a resposta do estuário a regressão marinha dos últimos 5 mil anos.

6.3 Recomendações para Futuros Trabalhos

- Considerem a área baixa da Grande Vitória existente ao norte da Ilha de Vitória como uma área potencial e estratégica para trabalhos que desejem investigar a evolução da Baía de Vitória;
- Considerem a possibilidade dos sedimentos de fundo não representarem a situação real da contaminação antrópica do ambiente devido ao processo erosivo e de adaptação morfológica identificados;
- São recomendados neste trabalho estudos de dinâmica de sedimentos para verificar a tendência erosiva observada neste trabalho;
- A área do Canal do Porto tem suas características mascaradas, portanto estudos de hidrodinâmica e dinâmica sedimentar neste trecho da Baía de Vitória são altamente recomendados;
- São recomendados mais estudos investigativos sobre as formas de fundo irregulares da região próxima ao delta do rio Santa Maria e sobre os paleocanais entalhados sobre estas, também sobre como estas formas tornam os registros de sonar e sísmica rasa com características distintas;

- Devido a profundidade reduzida da região superior da Baía de Vitória, são recomendados novos estudos baseados em coleta de testemunhos e da aplicação de outros métodos de geofísica marinha;
- São recomendados estudos para investigar se a origem do desnível existente entre os níveis de base do Canal do Porto e da parte superior da Baía de Vitória tem relação com a zona de fratura identificada por Novais *et al* (2004);
- São recomendados estudos de dinâmica sedimentar que considerem as seguintes variações: períodos de cheia e seca dos rios da região, períodos de sizígia e quadratura, e possíveis diferenças entre a hidrodinâmica e transporte de sedimentos entre superfície e fundo.
- E por fim, são recomendados estudos que investiguem a evolução deste sistema estuarino como um todo, considerando a região acima do delta do rio Santa Maria, a Baía de Vitória, seus dois canais (Canal do Porto e Canal da Passagem), a Baía do Espírito Santo e as Planícies Quaternárias da região.

* As análises morfoscópicas foram desenvolvidas por uma aluna de Iniciação Científica (Silvia Nossa Bourguignon), acompanhada em regime de Co-orientação.

7. REFERÊNCIAS

- ALBINO, J.; VALE, C. C.; GOMES, R. C. **Descrição Climática do Litoral do Espírito Santo**. Instituto do Milênio – RECOS, 2002.
- ALBINO, J.; OLIVEIRA, R.; MAYA, L. P.; ALENCASTRE, K. **Processos Atuais de Sedimentação Marinha e Praial do Litoral de Vitória, ES**. Relatório nº1982506/2000. Prefeitura Municipal de Vitória, FACITEC: Vitória, Espírito Santo, 2001.
- ALIOTTA, S.; LIZASOAIN, G. O.; GINSBERG, S. S. Dinámica Sedimentaria y Evolución Morfológica de um Profundo Canal Del Estuario de Bahía Blanca. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 59, n. 1, p. 14-28, 2004.
- ALMEIDA, F. K. **Distribuição de Foraminíferos bentônicos ao longo de Testemunhos na Baía de Vitória, ES, Sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- ÂNGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, v. 25, p. 486-506, 2006.
- ASHLEY, G. M. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 60, n. 1, p. 160-172, 1990.
- AYRES NETO, A. Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18 n. 3, p. 241-256, 2000.
- BAPTISTA NETO, J. A.; SICHEL, S. E.; PONZI, V. R. A. **Introdução à Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

- BARBOSA, M. J. O. **ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS DO ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ-PE**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.
- BARROS FILHO, G. C. **IDENTIFICAÇÃO DOS PRODESSOS FÍSICOS NA HIDRODINÂMICA DAS ÁGUAS DO ENTORNO DA ILHA DE VITÓRIA – ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.
- BASTOS, A. C.; KENYON, N., COLLINS, M. Sedimentary processes, bedforms and fácies associated with a coastal headland: Portland Bill, southern UK. **Marine Geology**, v. 187, p. 235-258, 2002.
- BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; DALMASCHIO, R. G.; CARMO, D. A.; SOUZA, P. M.; LIMA, B.; POZZI, F. Dinâmica Sedimentar e Morfologia de Fundo do Sistema Estuarino de Vitória, ES. Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 12: Belém, 2007. **Anais...** Belém: ABEQUA, 2007.
- BASTOS, A. C.; VILELA, C. G.; QUARESMA, V. S.; ALMEIDA, F. K. **Mid- to Late-Holocene Estuarine Infilling Processes studied by Radiocarbon Dates, High Resolution Seismic and biofacies at Vitória Bay, Espírito Santo, southeastern Brazil**. Submetido aos Anais da Academia Brasileira de Ciências.
- BELO, W. C.; DIAS, G. T. M.; DIAS, M. S. O Fundo Marinho da Baía da Ilha Grande, RJ: O Relevo Submarino e a Sedimentação no Canal Central. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 20, n. 1, p. 5-15, 2002.
- BIANCHI, T. S. **Biogeochemistry of Estuaries**. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistic package for the analysis of unconsolidated sediments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26, p. 1237-1248, 2001.

- CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CARMO, D. A. **APLICAÇÃO DO MODELO DE TENDÊNCIAS GRANULOMÉTRICAS (GSTA) PARA DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA BAÍA DO ESPÍRITO SANTO, VITÓRIA – ES.** Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006
- CATANZARO, L. F.; BAPTISTA NETO, J. A.; GUIMARÃES, M. S. D.; SILVA, C. G. DISTINCTIVE SEDIMENTARY PROCESSES IN GUANABARA BAY – SE/BRAZIL BASED ON THE ANALYSIS OF ECHO-CHARACTER (7kHz). **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, n. 1, p. 69-83. 2004.
- CHACALTANA, J. T. A.; MARQUES, A. C.; RIGO, D.; PACHECO, C. G. Influência do manguezal no padrão de escoamento do sistema estuarino da Ilha de Vitória – ES. Semana Estadual de Meio Ambiente (SESMA), 5: Vitória, 2003. **Anais...** Vitória, 2003.
- CONCEIÇÃO FILHO, C. A. **ESTUDO DO MOVIMENTO DE MANCHAS DE ÓLEO A PARTIR DE PONTOS DO CANAL DE ACESSO AO PORTO DE VITÓRIA E ESTIMATIVA DE RISCO DE APORTE AO MANGUEZAL DO RIO ARIBIRI NA BAÍA DE VITÓRIA - ES.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.
- CORREIA JR., Y. **ESTUDO DE VARIAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA EM PONTOS DA REGIÃO DO ESTUÁRIO DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.
- COSTA, E. A. **ESTUDO DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA – ES.** Dissertação (Mestrado em

Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

- D'AGOSTINI, D. P. **FÁCIES SEDIMENTARES ASSOCIADAS AO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA (ES)**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- DA SILVA, L. A. **SEDIMENTOLOGIA DO CANAL DE SANTA CRUZ – ILHA DE ITAMARACÁ-PE**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- DALMASCHIO, R. G. **ANÁLISE DA VAZÃO E DESCARGA SÓLIDA NA REGIÃO DE TRANSIÇÃO ENTRE O ESTUÁRIO E O RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA – ES, BRASIL**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A.; BOYD, R. Estuarine Facies Models: conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 62, n.6, p. 1130-1146, 1992.
- DAMUTH, J. E. Echo character of the western Equatorial Atlantic floor and its relationship to the dispersal and distribution of terrigenous sediments. **Marine Geology**, v. 14, p. 17-45, 1975.
- DAMUTH, J. E. Use of high-frequency (3,5 - 12 kHz) echograms in the study of near bottom sedimentation processes in the deep sea: a review. **Marine Geology**, v. 38, p. 51-75, 1980.
- DAVIS JR., R. A. **Coastal Sedimentary Environments**. Nova Iorque: Springer-Verlag, 1985.
- DIAS, G. T. M. Classificação de sedimentos marinhos: Proposta de Representação em Cartas Sedimentológicas. Congresso Brasileiro de Geologia, 39: São Paulo, 1996. **Anais...** São Paulo: SBG, 1996.

- DIAS, J. M. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Faro: Universidade do Algarve, 2004.
- DIAS¹, J. M. A. **Evolução do Conceito de Sedimento Relíquia**. Versão preliminar. Faro: Universidade do Algarve, 2004.
- DONATELLI, M. R. **MODELAGEM MATEMÁTICA DA HIDRODINÂMICA E DA QUALIDADE DE ÁGUA DA BAÍA DE VITÓRIA**. Dissertação (Mestrado EM Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1998.
- DYER, K. R. **Estuaries: a physical introduction**. 2. ed. - Chichester: John Wiley & Sons, 1997.
- EMERY, K. O. Continental shelf sediments of Southern California. **Geol.Soc. Am Bull.**, v. 63, p. 1105-1108, 1952.
- FERREIRA, R. D. **Os Manguezais da Baía de Vitória (ES): Um Estudo de Geografia Física Integrada**. Tese (Doutorado em Geografia), Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 1989.
- FOLK, R. L. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. **Journal of Geology**, v. 62, n. 4, p. 344-359, 1954.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.
- GIAGANTE, D. A.; ALIOTTA, S.; GINSBERG, S. S. ANÁLISIS SISMOESTRATIGRÁFICO DE PALEOCANALES EM EL SUBSUELO MARINO DEL ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 63, n. 1, p. 65-75, 2008.
- IEMA. **Mapa de Bacias Hidrográficas do Espírito Santo**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 09 jun. 2009.

- JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS DO SISTEMA ESTUARINO DA ILHA DE VITÓRIA-ES. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.
- JONES, E. J. W. **Marine Geophysics**. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- LAMOUR, M. R.; SOARES, C. R.; CARRILHO, J. C. MAPAS DE PARÂMETROS TEXTURAIS DE SEDIMENTOS DE FUNDO DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ – PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 55, p. 77-82, 2004.
- LANI, J. L. (coordenador). **Atlas de Ecossistemas do Espírito Santo**. UFV: Viçosa, 2008.
- LESSA, G. C. Baías Brasileiras: Grandes estuários em uma costa regressiva? . **X Congresso da ABEQUA**, Simpósio de Baías, Guarapari, 2005. CD-ROM.
- LESSA, G. C. BITTENCOURT, A. C. S. P.; BRICHTA, A.; DOMINGUEZ, J. M. L. A Reevaluation of the Late Quaternary Sedimentation in Todos os Santos Bay (BA), Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 72, n. 4, p. 573-590, 2000.
- LESSA, G. C.; MEYERS, S. R.; MARONE, E. HOLOCENE STRATIGRAPHY IN THE PARANAGUÁ BAY ESTUARY, SOUTHERN BRAZIL. **Journal of Sedimentary Research**, v. 68, n. 6, p. 1060-1076, 1998.
- LIMA JR., C. B.; SOARES, S. C.; BONICENHA, W. **Baía de Vitória: aspectos históricos e culturais**. Fundação Ceciliano Abel de Almeida: Vitória, 1994.
- MACIEL, M. A.; CHACALTANA, J. T. A.; RIGO, D. Padrão de escoamento no Canal da Passagem. Semana Estadual de Meio Ambiente (SESMA), 5: Vitória, 2003. **Anais...** Vitória, 2003.
- MARTIN, L. Holocene Sea-Level History Along Eastern-Southeastern Brazil. **An. IGEO**, UFRJ, v. 26, p. 13-24, 2003.

- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCHANJO, J. D. Coastal Quaternary Formations of the Southern Part of the State of Espírito Santo (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 3, p. 389-404, 1996.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. **Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. CPRM/FAPESP: Belo Horizonte, 1997.
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: EDUSP, 2002.
- MORAIS, A. C.; BERGER, M. V. S. Análise do comportamento espectral de sedimentos em suspensão na região estuarina do rio Santa Maria da Vitória – ES. In: MORAIS, A. C.; SANTOS, A. R. (Org.). **GEOMÁTICA E ANÁLISE AMBIENTAL: APLICAÇÕES PRÁTICAS**. Vitória: EDUFES, 2007.
- MORANG, A.; LARSON, R.; GORMAN, L. Monitoring the coastal environment; part III: geophysical and research methods. **Journal of Coastal Research**, v. 13, n. 4, p. 1064-1085, 1997.
- MOURA, M. G.; VERONEZ JR, P.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S. **Variação diária de correntes, salinidade e material particulado em suspensão em um ponto d sistema estuarino da Baía de Vitória – ES**. Aceito no volume especial do XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.
- NITSCHKE, F. O.; RYAN, W. B. F.; CARBOTTE, S. M.; BELL, R. E.; SLANGLE, A.; BERTINADO, C.; FLOOD, R.; KENNA, T.; MCHUGH, C. Regional patterns and local variations of sediment distribution in the Hudson River Estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 71, p. 259-277, 2007.
- NOVAIS, L. C. C.; TEIXEIRA, L. B.; NEVES, M. T.; RODARTE, J. B. M.; ALMEIDA, J. C. H.; VALERIANOC. M. Novas Ocorrências de Diques de Diabásio na Faixa Colatina – ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 12, n. 1, p. 191-194, 2004.

- NUNES, A. L. **MODELO HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES FISIAGRÁFICAS RECENTES DA BAÍA DE VITÓRIA (ES) E ÁREAS ADJACENTES, COM O USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- NUNES, A. L.; BARROSO, G. F.; SANTOS, A. R. Análise comparativa da batimetria do canal principal da Baía de Vitória, ES, entre os anos de 1928 e 2002. In: MORAIS, A. C.; SANTOS, A. R. (Org.). **GEOMÁTICA E ANÁLISE AMBIENTAL: APLICAÇÕES PRÁTICAS**. Vitória: EDUFES, 2007.
- OLIVEIRA, R. M. S. **DISTRIBUIÇÃO DOS SEDIMENTOS EM TRECHOS DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA-ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.
- PAIVA, D. S. **ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO DO MATERIAL DE FUNDO DO CANAL DA PASSAGEM E TRECHO DA BAÍA DE VITÓRIA - ES**. Monografia (Especialização em Ecologia e Recursos Naturais) – Curso de Especialização lato sensu do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, UFES, Vitória, 1999.
- PAOLO, F. S.; MAHIQUES, M. M. Utilização de métodos acústicos em estudos de dinâmica costeira: exemplo na desembocadura lagunar de Cananéia. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 2, p. 211-225, 2008.
- PENROSE, J. D.; SIWABESSY, P. J. W.; GAVRILOV, A.; PARNUM, I.; HAMILTON, L. J.; BICKERS, A.; BROOKE, B.; RYAN, D. A.; KENNEDY, P. **Technical Report 32 – Acoustic Techniques for Seabed Classification**. Queensland, Australia: Cooperative Research Centre for Coastal Zone Estuary and Waterway Management, 2005.
- PERILLO, G. M. E. **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Amsterdam: Elsevier, 1996.
- PIZZIN, B. F. **PADRÃO DE ECO-CARATERES E SUA RELAÇÃO COM A DISTRIBUIÇÃO DE SEDIMENTOS NA BAÍA DE VITÓRIA – ES/BRASIL**.

Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

- **Projeto RADAMBRASIL.** Levantamento de Recursos Naturais, v. 32. Folha SF.23/24 Rio de Janeiro / Vitória. Escala 1:1.000.000. Ministério das Minas e Energia: Rio de Janeiro, 1983.
- QUARESMA, V. S.; DIAS, G. T. M.; BAPTISTA NETO, J. A. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 khz) na porção sul da Baía de Guanabara – RJ. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, n. 2, p. 201-214, 2000.
- RIGO, D. **ANÁLISE DO ESCOAMENTO EM REGIÕES ESTUARINAS COM MANGUEZAIS – MEDIÇÕES E MODELAGEM NA BAÍA DE VITÓRIA, ES.** Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.
- RODRIGUES, P. P. **Biomonitoring of Heavy Metal Pollution in the Vitória Estuary and Espírito Santo Bay, Southeast, Brazil.** Dissertação (Mestrado em Gestão Ecológica Marinho) – INTERUNIVERSITY MASTER PROGRAM IN ECOLOGICAL MARINE MANAGEMENT, Vrije Universiteit Brussel e Universiteit Antwerpen, Bélgica, 2007.
- ROY, P. S.; WILLIAMS, R. J.; JONES, A. R.; YASSINI, I.; GIBBS, P. J.; COATES, B.; WEST, R. J.; SCANES, P. R.; HUDSON, J. P.; NICHOL, S. Structure and Function of South-east Australian Estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 53, p. 351-384, 2001.
- SANTIAGO, D. I. **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO PADRÃO DE ESCOAMENTO NO CANAL DE ACESSO AO PORTO DE VITÓRIA, ES.** Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.
- SARMENTO, R. **Determinação do Tombo da Maré no Canal da Passagem.** Relatório Final, Laboratório de Hidráulica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1993.

- SHEPARD, F. P. Sediments of the Continental Shelves. **Geological Society of America Bulletin**, v. 43, p. 1017-1040, 1932.
- SOUZA, L. A. P. **Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas**. Tese (Doutorado em Oceanografia Química e Geológica) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Química e Geológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SWIFT, D. J. P.; STANLEY, D. J.; CURRAY, J. R. Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. **Journal of Geology**, v. 79, p. 322-346, 1972.
- Wikipédia. **Geografia do Espírito Santo**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Geografia_do_Esp%C3%ADrito_Santo>. Acesso em: 09 jun. 2009.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)