MARIA CRISTINA DE SOUZA

MAPEAMENTO DA PLANÍCIE COSTEIRA E MORFOLOGIA E DINÂMICA DAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ, ESTADO DE SANTA CATARINA: SUBSÍDIOS À OCUPAÇÃO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo José Angulo

Co-orientadores: Prof. Dr. Paulo C. F. Giannini
Prof. Dr. Luiz Eduardo Mantovani

CURITIBA
1999

MARIA CRISTINA DE SOUZA

MAPEAMENTO DA PLANÍCIE COSTEIRA E MORFOLOGIA E DINÂMICA DAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ, ESTADO DE SANTA CATARINA: SUBSÍDIOS À OCUPAÇÃO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo José Angulo

Co-orientadores: Prof. Dr. Paulo C. F. Giannini
Prof. Dr. Luiz Eduardo Mantovani

CURITIBA
1999

TERMO DE APROVAÇÃO

MARIA CRISTINA DE SOUZA

Mapeamento da Planície Costeira e Morfologia e Dinâmica das Praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina: Subsídios à ocupação

Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia, com área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

Presidente: Prof. Dr. Rodolfo José Angulo

Prof. Dr. Dieter Muehe

Prof. Dr. Luiz José Tomazelli

Curitiba, abril de 1999

A Aparecido Donizeti da Silva
In memoriam

Rir é correr o risco de parecer tolo.

Chorar é correr o risco de parecer sentimental.

Estender a mão é correr o risco de se envolver.

Expor seus sentimentos é correr o risco de mostrar seu verdadeiro eu.

Defender seus sonhos e idéias diante da multidão é correr o risco de perder pessoas.

Amar é correr o risco de não ser correspondido.

Viver é correr o risco de morrer.

Confiar é correr o risco de se decepcionar.

Tentar é correr o risco de fracassar.

Mas os riscos devem ser corridos, porque o maior perigo é não arriscar nada.

A pessoa que não corre nenhum risco não faz nada, não tem nada e não é nada.

Elas podem até evitar sofrimentos e desilusões, mas elas não conseguem nada, não sentem, não mudam, não crescem, não amam, não vivem.

Acorrentadas por suas atitudes, elas viram escravas, privam-se de sua liberdade.

Somente a pessoa que corre riscos é livre.

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

Ao grande mestre e amigo Rodolfo José Angulo, a quem devo não só a orientação mas o companheirismo, a paciência e o incentivo durante todas as etapas, principalmente quando além do cansaço a falta de recursos quase me fez desistir, ele sempre dava um “jeitinho” para melhorar a situação, e durante os momentos alegres sempre esteve presente mesmo que fosse apenas em pensamento.

Ao amigo Geol. Alfredo Duarte Araújo, que além de ter sido um excelente colaborador foi também um grande companheiro durante todas as fases de campo, e hoje é também um colega de profissão de quem tenho muito orgulho pela capacidade e força de vontade de fazer as coisas valerem.

Ao amigo Paulo César Fonseca Giannini, que apesar da distância nunca esteve longe, sempre tinha uma resposta para minhas dúvidas, mesmo quando elas eram “infantis”.

Aos acadêmicos Juliana Broggio Basso e Marlon Santos Delai, pelas descrições das lâminas e com os quais eu não só ensinei mais aprendi muito durante as calorosas discussões sobre os minerais pesados. Ao acadêmico Maurício Marchand Krüger pela grande ajuda na fase final de digitalização do mapa. Ao acadêmico Lydio Luiz Rissetti Odreski pelo leva e trás de materiais e pela alegria da companhia. Ao acadêmico Marcelo Bogo e a Eloi Allegretti da Aerosul S/A, pelas fotos aéreas que foram de vital importância no desenvolvimento do trabalho. Ao acadêmico Gilvan Sá pelas “pousadas” e apoio na fase inicial deste trabalho

Ao amigo Antonio Conceição Paranhos Filho com o qual eu aprendi que a vida não é só um momento, mas sim a junção de pequeninos instantes que nos fazem sorrir ou até mesmo chorar, mas com os quais aprendemos a valorizar e querer sempre o amanhã.

A laboratorista Shirley Rolin Cercal pela paciência na realização das inúmeras análises.

Aos colegas da pós, pois também lutam pelos mesmos objetivos.

Aos colegas do Departamento de Geologia da UFPR, funcionários, professores e alunos, os quais não vou citar os nomes pois a lista é muito grande, e poderia esquecer de alguém sem querer, mas tenho certeza que cada um sabe o que significou para mim durante todo este tempo em que aqui estive, pois não foram só os serviços prestados, mas acima de tudo o companheirismo a amizade e o carinho que sempre me deram.

A Guilherme Camargo Lessa pelos “*abstracts*” dos primeiros trabalhos de divulgação desta pesquisa, e pelo companherismo e incentivo, apesar das “reclamações”, e a Augustinho Rigoti pelo *abstract* desta dissertação, e pela companhia durante os inúmeros “almoços corridos”.

Ao pessoal da Biblioteca do Setor de Tecnologia pelo auxílio na obtenção das “inúmeras bibliografias”.

A Naum Santana da Fundema de Joinville pelo empréstimo de materiais sobre o Canal do Linguado e ao Profs. Eloi Melo Filho e Norberto Olmiro Horn Filho da UFSC, pela disponibilização de trabalhos inéditos.

A Lúcio Antônio Machado da Reserva Volta Velha pelo apoio logístico, e pela divulgação do trabalho junto a outras universidades e órgão políticos.

Ao pessoal das empresas Sondagel e Soloténica pelo empréstimo dos relatórios de sondagens geoténicas de Itapoá.

A Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior - CAPES pela bolsa de mestrado.

Ao projeto NIMAD/PADCT/CIAMB (n.º 620.141.94.08) pelo apoio financeiro para as atividades de campo, realização do estágio supervisionado e participação em eventos científicos.

A Programa de Auxílio à Pesquisa da PRPPG/FUNPAR pelo apoio financeiro durante as primeiras campanhas de campo e na aquisição de materiais para o laboratório de sedimentologia, utilizados nas análises.

Ao CNPq pelo apoio através do projeto integrado n.º 522079/95-4.

A meus familiares, pais, irmãos, cunhadas e sobrinhos por terem respeitado e apoiado meus sonhos, e principalmente por terem tido paciência comigo durante todos estes anos, não só agora durante o mestrado mais também antes desde o início da minha caminhada rumo a “ciência”.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS....ii
LISTA DE FIGURAS....vii
LISTA DE TABELAS....xi
LISTA DE FOTOS....xiii
RESUMO....xv
ABSTRACT....xvi

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS 1
1.2 MATERIAIS E MÉTODOS 2
1.3 LOCALIZAÇÃO, LIMITES E ACESSOS DA ÁREA DE ESTUDO 3
1.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 4
1.4.1 *Relevo* 5
1.4.2 *Hidrografia* 6
1.4.3 *Vegetação* 8
1.4.4 *Clima* 8
1.4.5 *Características oceanográficas* 12
1.4.5.1 Ondas 12
1.4.5.2 Marés e correntes litorâneas 16

2 MAPEAMENTO E EVOLUÇÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAPOÁ 19
2.1 INTRODUÇÃO 19
2.1.1 *Geologia Regional* 20
2.1.2 *Geologia do Quaternário* 21
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS 23
2.3 RESULTADOS 26
2.3.1 *Unidades Mapeadas* 26
2.3.1.1 Depósitos Continentais 26
2.3.1.1.1 Leques aluviais e colúvios 26
2.3.1.1.2 Terraços e planícies fluviais 30
2.3.1.2 Depósitos marinhos 31
2.3.1.2.1 Terraços marinhos 31
2.3.1.2.2 Dunas frontais 38
2.3.1.2.3 Praias 41
2.3.1.3 Depósitos estuarinos 42
2.3.1.3.1 Planícies paleoestuarinas 42

2.3.1.3.2 Manguezais 44
2.3.2 *Paleoníveis Marinhos* 45
2.3.3 *Dados de subsuperfície* 49
2.4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO 53
2.4.1 *Idade e Correlação da Formação Mina Velha* 53
2.4.2 *Idade e Correlação dos Terraços Marinhos* 54
2.4.3 *Evolução geológica e paleogeográfica* 56

3 DINÂMICA COSTEIRA DE ITAPOÁ 71
3.1 MORFODINÂMICA PRAIAL 71
3.1.1 *Introdução* 71
3.1.1.1 Terminologia adotada dos subambientes praiais 71
3.1.1.2 Aspectos sedimentológicos 73
3.1.1.3 Aspectos morfodinâmicos 74
3.1.2 *Materiais e Métodos* 76
3.1.2.1 Sedimentologia 76
3.1.2.2 Morfologia 77
3.1.3 *Resultados* 80
3.1.3.1 Variação da morfologia 80
3.1.3.2 Variação de volumes 101
3.1.3.3 Variações da linha de costa nos perfis 106
3.1.3.4 Relações entre a morfologia das praias e as variações de volume e posição da linha de costa 107
3.1.3.5 Variação sedimentológica 113
3.1.3.5.1 Variação granulométrica 113
3.1.3.5.2 Variação mineralógica 131
3.1.3.6 Relações entre as variações morfológicas e sedimentológicas 134
3.1.3.7 Classificação morfodinâmica das praias de Itapoá 136
3.2 DERIVA LITORÂNEA 138
3.2.1 *Introdução* 138
3.2.2 *Materiais e Métodos* 139
3.2.3 *Variação granulométrica* 141
3.2.4 *Variação mineralógica* 143
3.2.5 *Discussão* 144
3.3 VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NAS ÚLTIMAS DÉCADAS 145
3.3.1 *Introdução* 145
3.3.2 *Materiais e Métodos* 145
3.3.3 *Resultados* 146
3.4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO 151

4 SUBSÍDIOS À OCUPAÇÃO 157

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 162

ANEXO I – MAPA GEOLÓGICO DO QUATERNÁRIO COSTEIRO DO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ, ESTADO DE SANTA CATARINA

ANEXO II – TABELAS COM OS RESULTADOS DAS ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS

Tabela II.1: Resultados das análises granulométricas das amostras dos terraços fluviais.....170

Tabela II.2: Resultados das análises granulométricas das amostras dos terraços pleistocênicos..170

Tabela II.3: Resultados das análises granulométricas das amostras dos terraços holocênicos.....170

Tabela II.4: Resultados das análises granulométricas das amostras da base das dunas frontais (c) da coleta longitudinal de abril de 1996.....171

Tabela II.5: Resultados das análises granulométricas das amostras do meio da praia (b) da coleta longitudinal de abril de 1996.....172

Tabela II.6: Resultados das análises granulométricas das amostras da linha d'água (a) da coleta longitudinal de abril de 1996.....174

Tabela II.7: Resultados das análises granulométricas das amostras de sedimentos paleolagunares.....176

Tabela II.8: Resultados de quantificação de minerais pesados (d>2,85) ao microscópio petrográfico das amostras coletadas ao longo do perfil 01 no levantamento de agosto de 1996.....176

Tabela II.9: Resultados de quantificação de minerais pesados (d>2,85) ao microscópio petrográfico das amostras coletadas ao longo do perfil 07 no levantamento de agosto de 1996.....176

Tabela II.10: Resultados de quantificação de minerais pesados (d>2,85) ao microscópio petrográfico das amostras de linha d'água (a) da coleta longitudinal de abril de 1996.....177

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 01

Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo 4
Figura 1.2: Vista área da costa de Itapoá. 5
Figura 1.3: Rede de drenagem da planície costeira de Itapoá, Estado de Santa Catarina. 7
Figura 1.4: Posição média dos centros de ação atmosféricos. As setas indicam o sentido preferencial de deslocamento dos sistemas móveis (Alves 1996) 9
Figura 1.5: Séries temporais, alturas significativas e períodos de pico para o período total de medições (Alves 1996). 14
Figura 1.6: Histogramas de freqüências relativas de direções dominantes, períodos de pico e alturas significativas para todas as medições (Alves 1996). 15
Figura 1.7: Forma semidiurna das marés no Porto de São Francisco do Sul para o mês de janeiro de 1998 (DHN 1997) 16
Figura 1.8: Correntes de maré na Baía de São Francisco ou de Babitonga, em torno da hora de preamar na embocadura (Coppetec 1997). 17
Figura 1.9: Correntes de maré na Baía de São Francisco ou de Babitonga, em torno da hora de baixamar na embocadura (Coppetec 1997). 18

CAPÍTULO 02

Figura 2.1: Contexto geológico regional da planície costeira de Itapoá 19
Figura 2.2: Distribuição e limites das rochas do Cinturão Granitóide Costeiro (Siga Jr. *et al*. 1993, modificado) 21
Figura 2.3: Mapa geológico da planície costeira da região de Itapoá, Estado de Santa Catarina (Martin *et al.* 1988). 22
Figura 2.4: Mapa geológico da planície costeira da região de Itapoá, Estado de Santa Catarina (Horn Filho 1997). 23
Figura 2.5: Mapa de localização dos afloramentos, perfis e pontos amostrados e descritos. 24
Figura 2.6: Articulação das folhas topográficas 25
Figura 2.7: Correlação entre as variáveis Assimetria, Diâmetro Médio e Desvio Padrão das amostras dos terraços marinhos e das planícies e terraços fluviais. As amostras fluviais estão marcadas com um círculo. 32
Figura 2.8: Perfil 26 – Margem do Saí Mirim 35
Figura 2.9: Perfil 27 – Margem do Saí Mirim 36
Figura 2.10: Perfil 28 – Margem do Saí Mirim 37
Figura 2.11: Perfil 29 – Margem do Saí Mirim 38
Figura 2.12: Distribuição vertical dos vermetídeos fósseis e dos organismos atuais no costão rochoso da Ponta do Areião, Itapema Norte 46
Figura 2.13: Distribuição das sondagens realizadas pela empresa Sondagel no balneário Figueira do Pontal, Itapoá. 49
Figura 2.14: Descrição das sondagens realizadas pela empresa Sondagel, no balneário Figueira do Pontal, Itapoá. 51
Figura 2.15: Correlação das principais unidades identificadas nas sondagens do balneário Figueira do Pontal realizadas pela empresa Sondagel. 52
Figura 2.16: Evolução geológica das planícies litorâneas do sudeste e sul do Brasil durante o Quaternário (Suguio & Martin 1987) 57
Figura 2.17: Perfil transversal à planície costeira de Paranaguá. (A) estratigrafia geral da planície; (B) detalhe da barreira holocênica (Lessa *et al.* 1999) 59

Figura 2.18: Estágio evolutivo 2 – Máximo da regressão no Plioceno (modificado de Horn Filho 1997) 61
Figura 2.19: Configuração paleogeográfica da planície costeira de Itapoá durante o máximo da transgressão pleistocênica..... 62
Figura 2.20: Estágio 4 – Máximo da transgressão no Pleistoceno superior (modificado de Horn Filho 1997)..... 63
Figura 2.21: Configuração paleogeográfica da planície costeira de Itapoá durante o período regressivo após o máximo da transgressão pleistocênica..... 65
Figura 2.22: Configuração paleogeográfica da planície costeira de Itapoá durante o máximo da transgressão holocênica 67
Figura 2.23: Estágio 6 – Máximo da transgressão do Holoceno (modificado de Horn Filho 1997)..... 68
Figura 2.24: Configuração atual da planície costeira de Itapoá após o máximo da transgressão holocênica..... 69

CAPÍTULO 03

Figura 3.1: Perfil hipotético com a terminologia dos subambientes praiais e das zonas hidrodinâmicas modificado de Angulo (1996)..... 72
Figura 3.2: Localização dos perfis planialtimétricos..... 79
Figura 3.3:Morfologia do perfil 01 nos diversos levantamentos..... 81
Figura 3.4: Morfologia do perfil 02 nos diversos levantamentos..... 84
Figura 3.5: Morfologia do perfil 03 nos diversos levantamentos..... 88
Figura 3.6: Morfologia do perfil 04 nos diversos levantamentos..... 90
Figura 3.7: Morfologia do perfil 05 nos diversos levantamentos..... 92
Figura 3.8: Morfologia do perfil 06 nos diversos levantamentos..... 94
Figura 3.9: Morfologia do perfil 07 nos diversos levantamentos..... 96
Figura 3.10: Morfologia do perfil 08 nos diversos levantamentos..... 99
Figura 3.11: Morfologia do perfil 09 nos diversos levantamentos..... 101
Figura 3.12: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 01 107
Figura 3.13: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 02. 108
Figura 3.14: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 03. 108
Figura 3.15: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 04. 109
Figura 3.16: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 05. 110
Figura 3.17: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 06. 111
Figura 3.18: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 07. 111
Figura 3.19: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 08. 112
Figura 3.20: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 09. 112
Figura 3.21: Distribuição dos pontos de amostragem ao longo do perfil 01 nos levantamentos de agosto de 1996 e fevereiro de 1997. 114
Figura 3.22: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 01 no levantamento de agosto de 1996. 114
Figura 3.23: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 01 no levantamento de fevereiro de 1997. 115
Figura 3.24: Distribuição das amostras ao longo do Perfi1 02 nos levantamentos de agosto de 1996 e fevereiro de 1997..... 116
Figura 3.25: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 02 no levantamento de agosto de 1996. 116

Figura 3.26: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 02 no levantamento de fevereiro de 1997. 117
Figura 3.27: Distribuição das amostras ao longo do perfil 03 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 118
Figura 3.28: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 03 no levantamento de agosto de 1996. 118
Figura 3.29: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 03 no levantamento de fevereiro de 1997. 119
Figura 3.30: Distribuição das amostras ao longo do perfil 04 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 120
Figura 3.31: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 04 no levantamento de agosto de 1996. 120
Figura 3.32: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 04 no levantamento de fevereiro de 1997. 121
Figura 3.33: Distribuição das amostras ao longo do perfil 05 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 122
Figura 3.34: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 05 no levantamento de agosto de 1996. 122
Figura 3.35: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 05 no levantamento de fevereiro de 1997. 123
Figura 3.36: Distribuição das amostras ao longo do perfil 06 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 123
Figura 3.37: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 06 no levantamento de agosto de 1996. 124
Figura 3.38: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 06 no levantamento de fevereiro de 1997. 125
Figura 3.39: Distribuição das amostras ao longo do perfil 07 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 126
Figura 3.40: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 07 no levantamento de agosto de 1996. 126
Figura 3.41: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 07 no levantamento de fevereiro de 1997. 127
Figura 3.42: Distribuição das amostras ao longo do perfil 08 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 128
Figura 3.43: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 08 no levantamento de agosto de 1996. 128
Figura 3.44: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 08 no levantamento de fevereiro de 1997. 129
Figura 3.45: Distribuição das amostras ao longo do perfil 09 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 130
Figura 3.46: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 09 no levantamento de agosto de 1996. 130
Figura 3.47: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 09 no levantamento de fevereiro de 1997. 131
Figura 3.48: Distribuição das amostras ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996 132
Figura 3.49: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados ultraestáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996. 132

Figura 3.50: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados metaestáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996. 132
Figura 3.51: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados instáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996. 133
Figura 3.52:Variações nos índices somatórios de minerais pesados ultraestáveis (ZTR), metaestáveis e instáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996..... 133
Figura 3.53: Localização das amostras longitudinais..... 140
Figura 3.54: Variação nas proporções em massa das faixas granulométricas areia média (1 a 2 ϕ), areia fina (2 a 3 ϕ) e areia muito fina (3 a 4 ϕ) ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina..... 141
Figura 3.55: Variações N-S do parâmetro granulométrico diâmetro médio (*phi*), calculado pelo método analítico dos momentos, ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina. 141
Figura 3.56: Variações N-S do parâmetro granulométrico desvio padrão, calculado pelo método analítico dos momentos, ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina. 142
Figura 3.57: Variações N-S do parâmetro granulométrico assimetria, calculado pelo método analítico dos momentos, ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina. 142
Figura 3.58: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados ultraestáveis de N-S ao longo das praias do município de Itapoá. 143
Figura 3.59: Variação nos índices somatórios de minerais pesados ultraestáveis (iZTR), metaestáveis e instáveis, de N-S ao longo das praias do município de Itapoá. 143
Figura 3.60: Vista aérea da planície costeira de Itapoá: Setor norte (A); setor central (B); setor sul (C). 146
Figura 3.61: Fotografias aéreas verticais mostrando a posição da desembocadura do Rio Saí-Mirim nos anos de 1957 (a), 1978 (b) e 1995 (c)..... 147
Figura 3.62: Comparação da configuração da costa na área de influência da desembocadura do Rio Saí-Mirim no período de 1957 a 1995..... 148
Figura 3.63: Fotografias aéreas verticais dos anos de 1957(a), 1978(b) e 1995(c), do balneário de Figueira do Pontal, próximo à desembocadura da Baía de São Francisco. Note-se que o banco arenoso semi-submerso, e o alargamento da zona da praia na área de sombra deste banco, somente são visíveis na fotografia de 1957. 149
Figura 3.64: Comparação da configuração da costa na área de influência da desembocadura da Baía de São Francisco no período de 1957 a 1995. 150
Figura 3.65: Carta náutica da Baía de São Francisco do Sul. Note-se que a isóbata de 5 m define a morfologia do delta de maré vazante. Nesta carta é possível reconhecer: 1) lobo frontal, 2) canal principal de vazante, 3) canal de enchente, 4) barra marginal do canal principal. 152
Figura 3.66: Variações acumuladas da linha de costa nos perfis, no período de agosto de 1996 a junho de 1998. 154
Figura 3.67: Ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña entre 1949 e 1998. (CPTEC/INPE/ELNINHO 1999, CPTEC/INPE/LANINHA 1999)..... 154

CAPÍTULO 04

Figura 4.1: Geomorfologia da zona costeira entre as desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu. 161

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 01

Tabela 1.1: Dados climáticos da estação meteorológica de São Francisco do Sul, no litoral norte de Santa Catarina, para o período de 1963-1996 (Horn Filho 1997)..... 10

Tabela 1.2: Dados meteorológicos para Itapoá nos anos de 1996 e 1997 (CPTEC/INPE/CLIMANALISE 1998) 11

Tabela 1.3: Velocidades dos ventos para o período de 1963-1996 e direções principal e secundária para o período de 1991-1996 na estação meteorológica de São Francisco do Sul, no litoral norte de Santa Catarina (Horn Filho 1997). 11

Tabela 1.4: Valores extremos dos parâmetros representativos do estado do mar (Alves 1996). 13

Tabela 1.5: Valores médios dos parâmetros representativos do estado do mar (Alves 1996) 13

CAPÍTULO 02

Tabela 2.1: Datações radiocarbônicas do litoral norte de Santa Catarina 45

Tabela 2.2: Resultados das datações ao ^{14}C das amostras coletadas no Município de Itapoá..... 45

CAPÍTULO 03

Tabela 3.1: Relações de equilíbrio entre estado morfodinâmico da praia e Ω (Wright *et al.* 1985). 75

Tabela 3.2: Valores limites teóricos da declividade da face praial para os diferentes estados morfodinâmicos (Klein 1996)..... 76

Tabela 3.3: Volumes depositados e erodidos ao longo do perfil 01 no monitoramento sazonal (m³). 102

Tabela 3.4: Volumes depositados e erodidos ao longo do perfil 01 considerando todos os períodos de monitoramento (m³)..... 102

Tabela 3.5: Volumes depositados e erodidos ao longo do perfil 02 no monitoramento sazonal (m³). 102

Tabela 3.6: Volume depositados e erodidos ao longo do perfil 02 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 102

Tabela 3.7: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 03 no monitoramento sazonal (m^3). 103

Tabela 3.8: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 03 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 103

Tabela 3.9: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 04 no monitoramento sazonal (m³). 103

Tabela 3.10: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 04 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 103

Tabela 3.11: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 05 no monitoramento sazonal (m³) ... 104

Tabela 3.12: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 05 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 104

Tabela 3.13: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 06 no monitoramento sazonal (m^3) ... 104

Tabela 3.14: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 06 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 104

Tabela 3.15: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 07 no monitoramento sazonal (m^3) ... 105

Tabela 3.16: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 07 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 105

Tabela 3.17: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 08 no monitoramento sazonal (m^3) ... 105

Tabela 3.18: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 08 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 105
Tabela 3.19: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 09 no monitoramento sazonal (m^3) ... 105
Tabela 3.20: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 09 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)..... 105
Tabela 3.21: Variação da posição da linha de costa acumulada nos períodos de levantamento dos perfis (m). 106
Tabela 3.22: Variação da posição da linha de costa por período (m)..... 106
Tabela 3.23: Taxas de variação da linha de costa (cm/dia)..... 106
Tabela 3.24: Valores médios dos resultados das análises granulométricas ao longo dos perfis nos levantamentos de inverno 1996 e verão 1997..... 113
Tabela 3.25: Resultado dos cálculos de $\Omega_{teórico}$ para os perfis de Itapoá (SC)..... 137
Tabela 3.26: Variação da posição da linha de costa e taxas de variação nos perfis em períodos de ocorrência de fenômenos La Niña e El Niño. 154

LISTA DE FOTOS

CAPÍTULO 02

Foto 2.1: Vista geral do afloramento referente ao perfil 01, próximo a localidade de Mina Velha. 27
Foto 2.2: Fácies de lama com bioturbações não figurativas e tubos (T). 28
Foto 2.3: Matacão de granito intemperizado (M) em fácies de cascalho suportado por clastos (C) do perfil 02. (E) encoberto. 29
Foto 2.4.: Fácies de cascalho suportado por clastos (C) e lama (L) do perfil 02. 29
Foto 2.5: Terraço com estratificação cruzada de baixo ângulo intercalada a cruzadas tangenciais (B), e cruzadas tabulares de grande porte (C) na base Ponto 30. 34
Foto 2.6: Afloramento do terraço marinho externo (perfil 26) onde se observa estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela mergulhando em direção a praia atual (seta). 35
Foto 2.7: Vista geral do afloramento do perfil 27. A esquerda detalhe do nível de cruzadas truncadas por onda. 36
Foto 2.8: Dunas dômicas associadas à desembocadura do Rio Saí-Mirim, parcialmente vegetadas por *Ipomea* e *Sporobolus* 39
Foto 2.9: Dunas dômicas parcialmente afogadas. Margem esquerda do Rio Saí-Mirim 39
Foto 2.10: Cordão de dunas frontais erodido por evento de tempestade. 40
Foto 2.11: Cordões de dunas frontais entre às desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu. A) cordão externo, B) cordão interno. 41
Foto 2.12: Vista geral da planície paleoestuarina, onde se observa matacões dispersos. 42
Foto 2.13: Sedimentos paleoestuarinos com detritos vegetais e bioturbações na margem do Rio Saí-Mirim. 43
Foto 2.14: Vista geral do pacote arenoso com estratificação cruzada tabular de grande porte, na margem esquerda do Rio Saí-Mirim. A direita detalhe da estrutura. 44
Foto 2.15: Sedimentos paleoestuarinos (PL) sobrepostos a sedimentos do terraço marinho (P). A datação de fragmento de madeira associado aos sedimentos paleoestuarinos forneceu idade de 6480 ± 90 anos A.P. (CENA 275). 44
Foto 2.16: Turfas e troncos de árvores *in situ* aflorantes na face praial após um evento de tempestade em junho de 1997. Vila dos Pescadores, balneário Itapema do Norte. A) tronco da árvore correspondente a amostra datada (CENA-585). 48

CAPÍTULO 03

Foto 3.1: Barras e canais na *nearshore* observados no levantamento de fevereiro de 1998. (1) Barra contínua paralela à costa; (2) barra descontínua subparalela à costa; (3) canal transversal; (4) canal longitudinal. 82
Foto 3.2: Vista da praia no perfil 01durante o levantamento de março de 1998. (1) Barra contínua; (2) barras descontínuas. 82
Foto 3.3: Vista da praia no perfil 01 durante o levantamento de junho de 1998. Observar a formação da berma próximo a linha d'água (1) e os canais descontínuos na retaguarda (2). 83
Foto 3.4: Vista do local do perfil 02 em fevereiro de 1997, onde se observam os cordões de dunas frontais interno (1) e externo (2) e a vegetação avançando sobre a parte alta da praia (3). 85
Foto 3.5: Vista do local do perfil 02 em setembro de 1997 onde observa-se a escarpa na base do cordão de dunas interno. Note-se a concentração de minerais pesados na base da escarpa. 85

Foto 3.6: Vista do local do perfil 02 em fevereiro de 1998, onde observa-se a escarpa na base do cordão de dunas interno. Note-se a diminuição da altura da escarpa em relação a setembro de 1997 (Foto 3.5) indicando deposição na base da escarpa. 86

Foto 3.7: Morfologia da praia no perfil 02 durante o levantamento de junho de 1998, onde observa-se a existência de duas bermas, uma na parte alta da praia (1) e outra na linha d'água (2). Note-se o canal entre as bermas (3). 87

Foto 3.8: Vista do perfil 04 no levantamento de agosto de 1996, onde observa-se um cordão incipiente de dunas com vegetação rasteira à frente de um antigo enrocamento. 91

Foto 3.9: Vista da praia próxima ao perfil 06 no levantamento de junho de 1997 onde observa-se a erosão dos cordões de dunas frontais (1) e a escarpa na base do cordão externo (2). 94

Foto 3.10: Vista da praia no perfil 06 no levantamento de fevereiro de 1998, onde observam-se antidunas sobre a face praial próximo a linha d'água. 95

Foto 3.11: Vista da praia no perfil 07 no levantamento de fevereiro de 1997, onde pode-se observar uma barra (1) e um canal (2) subparalelos a costa na *nearshore*. 97

Foto 3.12: Vista da praia no perfil 07 durante o levantamento de fevereiro de 1998, onde pode-se observar a erosão do cordão de dunas. 98

Foto 3.13: Vista da praia no perfil 08 no levantamento de agosto de 1996, onde pode-se observar o cordão de dunas frontais bem desenvolvido e com vegetação densa, avançando sobre a praia. .. 99

Foto 3.14: Vista do perfil 09 no levantamento de fevereiro de 1998. Observe-se o enrocamento no limite superior da praia. 100

Foto 3.15: Vista do perfil 5 nos levantamentos de agosto de 1996 (a), fevereiro de 1997 (b), junho de 1997 (c) e setembro de 1997 (d), onde pode-se observar a destruição progressiva do muro utilizado como referência no levantamento do perfil. O precário enrocamento que se observa no levantamento de setembro de 1997 (d) é a primeira tentativa de estabilização da linha de costa neste perfil. 110

Foto 3.16: Vista aérea da desembocadura sul ou Barra do Sul, da Baía de São Francisco do Sul, após o fechamento do Canal do Linguado (Horn Filho 1997). Note-se a obstrução da desembocadura. 153

CAPÍTULO 04

Foto 4.1: Problemas erosivos causados pela drenagem de águas pluviais verificados em fevereiro de 1998. A) erosão causada por escoamento superficial próximo ao perfil 09; B) destruição da avenida Beira Mar próximo ao perfil 04..... 157

Foto 4.2: Problemas erosivos verificados após intensa ressaca ocorrida em junho de 1997. A) destruição da avenida Beira Mar ao sul do perfil 02; B e C) destruição de lotes e construções ameaçadas próximo ao perfil 03; D) destruição de lotes e infra-estrutura hidráulica próximo ao perfil 05..... 158

RESUMO

O objetivo deste trabalho é contribuir para a compreensão da dinâmica costeira e fornecer subsídios para o planejamento e ocupação da orla litorânea do Município de Itapoá, litoral norte do Estado de Santa Catarina.

Para compreender a dinâmica costeira em diversas escalas temporais, o trabalho foi dividido em três partes: i) mapeamento da planície costeira e evolução geológica durante o Quaternário ii) caracterização da morfologia e dinâmica das praias; iii) análise das variações da linha de costa nas últimas quatro décadas.

O mapa da planície costeira é apresentado na escala 1:50.000. No mapeamento foi dada ênfase às unidades do Quaternário costeiro e à identificação de ambientes de sedimentação. Também, foram identificados e datados indicadores de paleoníveis marinhos holocênicos.

A caracterização das praias foi realizada através de: i) levantamentos sazonais de nove perfis planialtimétricos durante dois anos; ii) caracterização sedimentológica através de amostragens longitudinais e transversais; iii) classificação morfodinâmica com base nos modelos existentes na bibliografia.

A análise das variações da linha de costa foi realizada através da comparação de fotografias aéreas verticais dos anos de 1957, 1978 e 1995.

Com base nos resultados obtidos foram apresentadas algumas sugestões e recomendações com o objetivo de minimizar os problemas decorrentes da interação entre a dinâmica costeira e a ocupação antrópica da orla litorânea do Município de Itapoá.

ABSTRACT

The present work contributes for the understanding of coastal dynamics and to provides support for coastal-zone management, in the Itapoá county, north coast of Santa Catarina State.7

In order to understand the coastal dynamics on several temporal scales, the work was divided into three parts: i) mapping of coastal plains and their geological evolution during the Quaternary; ii) characterization of beach morphodynamics; iii) analysis of shoreline variation along the last four decades.

The coastal plains map (1:50,000) emphasizes the coastal Quaternary geological units and the sedimentation environment. Holocenic paleo sea-level indicators were also identified and had their age determined.

Beaches were characterized through: i) two years seasonal surveying of nine beach profiles; ii) sedimentological characterization through transversal and longitudinal sampling; iii) morphodynamic classification based on known models.

The shoreline variation analysis was performed by means of aerial photographs comparison for the years 1957, 1978 and 1995.

Some suggestions and recommendations are presented as to minimize the problems associated with the coastal dynamics and the coastal management in the Itapoá county.

1 INTRODUÇÃO

A planície costeira do município de Itapoá localiza-se na região nordeste do Estado de Santa Catarina. Geologicamente é constituída por rochas do embasamento cristalino, pelos depósitos marinhos e estuarinos do Quaternário, e pelos depósitos continentais do Terciário e Quaternário.

A costa oceânica caracteriza-se pela sua forma retilínea, orientação aproximadamente N-S e presença de praias arenosas. A costa apresenta regime de micromarés (1 a 2 m) e se caracteriza pela ocorrência de dois sistemas de ondas predominantes, provenientes de nordeste e sudeste (Alves 1996). Este último sistema é predominante no transporte de sedimentos e apresenta eventos de ondas de tempestade, que podem durar vários dias. Quando os eventos de tempestade estão associados a marés de sizígia, as ondas de tempestade provocam intensos processos de erosão na face de praia e nas dunas frontais (Angulo & Souza 1998b).

1.1 JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

As regiões costeiras apresentam uma dinâmica muito particular, devido a interação de diversos agentes, tais como ondas, marés e correntes litorâneas. No geral, estes agentes são cambiantes e resultam numa dinâmica muito ativa. Devido a isto a morfologia da costa está sempre mudando, tanto por processos de erosão quanto de sedimentação. Além destes agentes outro fator importante na dinâmica costeira é o suprimento sedimentar. Costas com baixas taxas de suprimento sedimentar apresentam características mais erosivas que àquelas com suprimento sedimentar normal ou elevado, neste último caso a costa tenderá a apresentar características deposicionais, com o avanço da linha de costa em direção ao mar (e.g. Komar 1983).

Estas variações na morfologia costeira não apresentariam problemas, pois são ocasionadas por processos naturais. Porém, quando o homem ocupa estas regiões, direta ou indiretamente interfere nesta dinâmica, fazendo com que os processos erosivos e deposicionais aumentem. Quando isto acontece as variações que antes não apresentavam problemas, começam a ter grande importância, principalmente quando os processos erosivos provocam perdas materiais e em casos extremos até de vida humanas.

Como as regiões costeiras abrigam cerca de 50 % da população mundial atual, com perspectiva de atingir até 75 % no próximo século (Finkl Jr. 1994), cada vez mais faz-se necessário um conhecimento melhor desta dinâmica, quando se pretende propor alternativas para a solução de problemas existentes. Porém, nem todos os problemas ligados à erosão e sedimentação costeira são fáceis de diagnosticar. Em muitos casos são conhecidas apenas as causas gerais e em outros nem isso é possível determinar.

Segundo Tomazelli *et al.* (1996) alguns mecanismos como: interrupção da deriva litorânea, tanto por processos naturais quanto antrópicos; diminuição do suprimento sedimentar; aumento da magnitude ou freqüência de tempestades e a elevação do nível relativo do mar, podem ser responsáveis pelos processos erosivos das regiões costeiras.

O aumento da ocupação da orla litorânea nas últimas décadas no Município de Itapoá, aliado ao desconhecimento desta dinâmica, tem provocado diversos problemas relacionados a erosão costeira.

Este trabalho pretende contribuir para a compreensão da dinâmica costeira como subsídios para planos de ocupação e zoneamentos da orla litorânea.

Para compreender a dinâmica costeira em diversas escalas temporais, a pesquisa ora proposta objetiva reconstituir a evolução geológica da planície costeira durante o Quaternário, com ênfase à identificação de ambientes antigos de sedimentação e determinação de paleoníveis marinhos holocênicos e caracterizar a morfodinâmica das praias atuais do Município de Itapoá.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Mapeamento geológico da planície costeira na escala 1:50.000;
- Caracterização granulométrica e mineralógica das praias;
- Classificação morfodinâmica das praias com base nos modelos existentes;
- Caracterizar as variações da linha de costa nas últimas 4 décadas;
- Dar propostas e sugestões para o planejamento da orla costeira.

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em dois temas principais: o mapeamento geológico na escala 1:50.000 da planície costeira, e a caracterização da dinâmica costeira. Os resultados da pesquisa são apresentados em três capítulos:

Capítulo 2: Mapeamento e evolução da planície costeira de Itapoá

Capítulo 3: Dinâmica costeira de Itapoá

Capítulo 4: Subsídios à ocupação

A metodologia adotada e os materiais utilizados encontram-se descritos detalhadamente dentro de cada capítulo. Em termos gerais a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi a seguinte:

- Pesquisa bibliográfica sobre geologia costeira e ambiental, e sobre constituição e evolução da planície costeira da área de estudo e de outros setores do litoral brasileiro;
- Fotointerpretação convencional de fotografias aéreas de diversas datas e em diferentes escalas;
- Descrição de afloramentos com ênfase à descrição e interpretação de estruturas sedimentares e à identificação dos processos e ambientes de sedimentação;
- Levantamento de perfis planialtimétricos sazonais e logo após eventos de tempestades para a caracterização morfodinâmica das praias;
- Amostragem longitudinal e transversal das praias para análises sedimentológicas;
- Análises granulométricas, separações densimétricas ao líquido pesado, confecção de lâminas de grãos e identificação e quantificação de minerais pesados ao microscópio petrográfico;
- Tratamento gráfico-estatístico dos resultados de ensaios de análise granulométrica e mineralógica e de levantamentos planialtimétricos;
- Confronto dos dados de dinâmica disponíveis: marés, ondas, ventos, correntes, com os dados obtidos a partir das análises sedimentológicas e dos levantamentos planialtimétricos;

- Coleta de materiais passíveis de datação pelo método C^{14}, como tubos de vermetídeos, conchas de moluscos, madeira e turfa.

1.3 LOCALIZAÇÃO, LIMITES E ACESSOS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a planície costeira do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina, situada entre os paralelos 26º00’ e 26º15’ de latitude sul, e 48º30’ e 48º45’ de longitude oeste. As praias arenosas estendem-se por cerca de 32 km desde a desembocadura do Rio Saí-Guaçu, a norte, até a Baía de São Francisco ou de Babitonga, a sul (Figura 1.1). As principais rodovias de acesso a área são: BR-376 (Curitiba-Garuva), BR-101/PR-412 (Garuva-Guaratuba) e diversas estradas vicinais e trilhas.

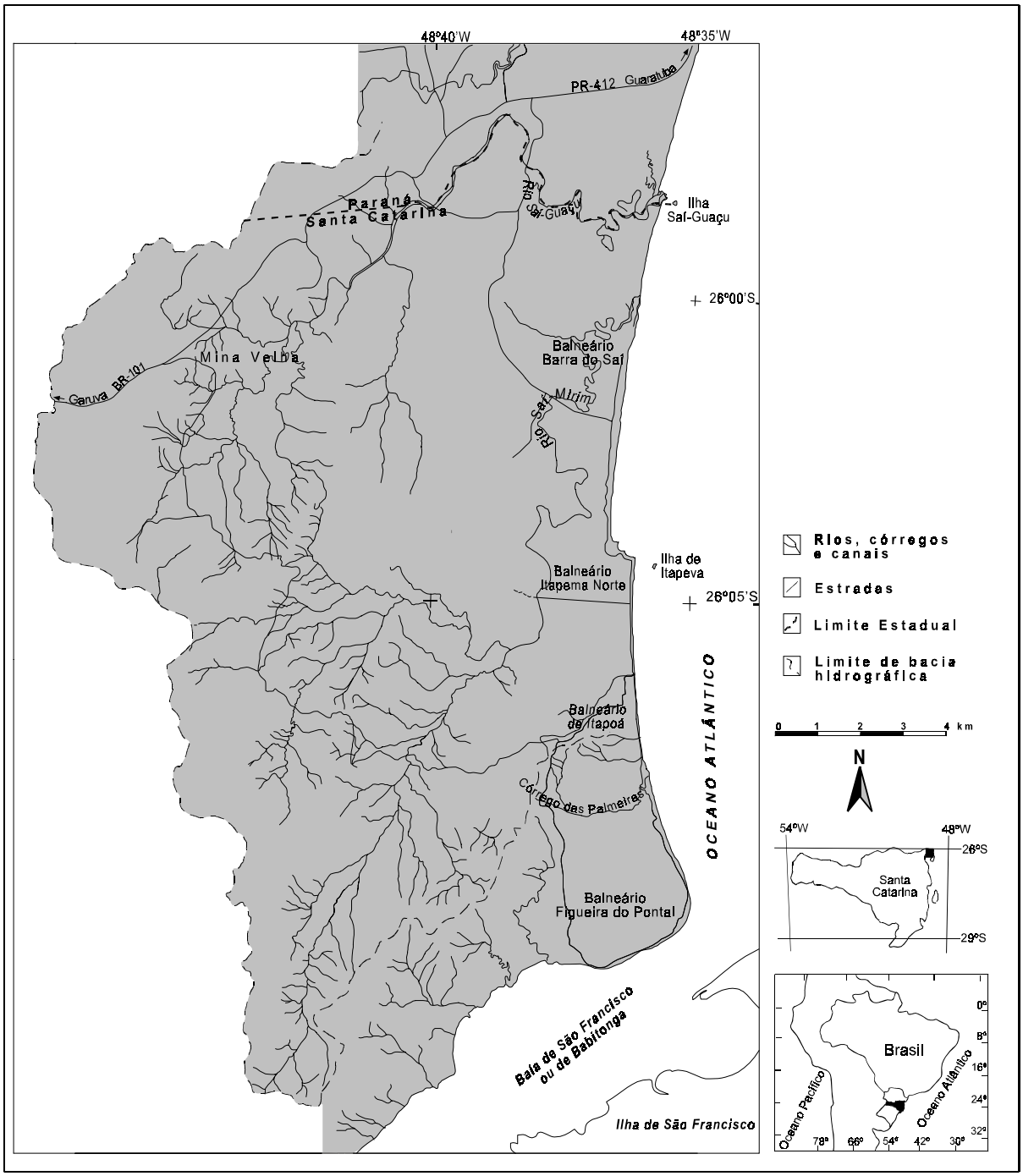


Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo

1.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região costeira do Estado de Santa Catarina caracteriza-se por apresentar extensas planícies arenosas. A costa da região de estudo apresenta configuração retilínea com orientação aproximadamente N-S, e praias arenosas. A continuidade das praias é interrompida pela desembocadura do Rio Saí-Mirim e por três pontais rochosos do embasamento Pré-

Cambriano, localizados na parte central da costa. Entre estes pontais formam-se duas pequenas praias em forma de arco com cerca de 200 m de extensão cada uma (Figura 1.2).



Figura 1.2: Vista área da costa de Itapoá.

1.4.1 RELEVO

O Município de Itapoá apresenta uma extensa planície costeira drenada pelos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim. Estes dois rios têm suas cabeceiras situadas nos primeiros contrafortes da Serra do Mar, mais precisamente no bloco isolado de Morro Grande e Morro do Maxete. Este maciço tem forma de quilha voltada para o sul, atinge cotas de até 600 m e contorna a bacia vertente para Itapoá, isolando-a dos demais compartimentos litorâneos. O maciço montanhoso é composto por relevos residuais de rochas do embasamento cristalino. Estas rochas encontram-se cobertas por solos profundos e espesso manto de alteração atingindo algumas dezenas de metros.

1.4.2 HIDROGRAFIA

A hidrografia do litoral norte de Santa Catarina é representada, basicamente pela bacia do Rio Cubatão do Norte. Os principais cursos fluviais desta região estão associados aos rios Saí-Mirim, Pirabeiraba, Cubatão do Norte, Palmital e Linguado. A sul e ao norte a hidrografia da área é representada por uma parte da bacia do Itapocu, composta pelos rios Itapocu, Piraí e Itapocuzinho, e pela bacia do Saí-Guaçu, respectivamente.

No Município de Itapoá o sistema hidrográfico pode ser dividido em duas bacias principais: a do Rio Saí-Mirim, representada pelos rios Saí-Mirim, Braço do Norte, Água Branca, Bom Futuro, Córrego Loreno e Votorantim e Ribeirão Água Branca, e a do Rio Saí-Guaçu, que drena a porção norte do município, composta pelo Rio Saí-Guaçu, Córrego das Canoas e Ribeirão Barrinha. A sul a hidrografia é representada pelos rios e córregos que drenam para a Baía de São Francisco ou de Babitonga, e a leste por pequenos córregos que drenam diretamente para o mar (Figura 1.3).

A rede de drenagem da planície costeira de Itapoá apresenta um padrão dentrítico. Os principais rios que compõem as bacias possuem seu curso superior localizado na área serrana, alto declive, vales encaixados e um padrão de canal retilíneo. O curso inferior, localizado na planície, possui normalmente amplo vale de fundo chato e padrão de canal meandrante.

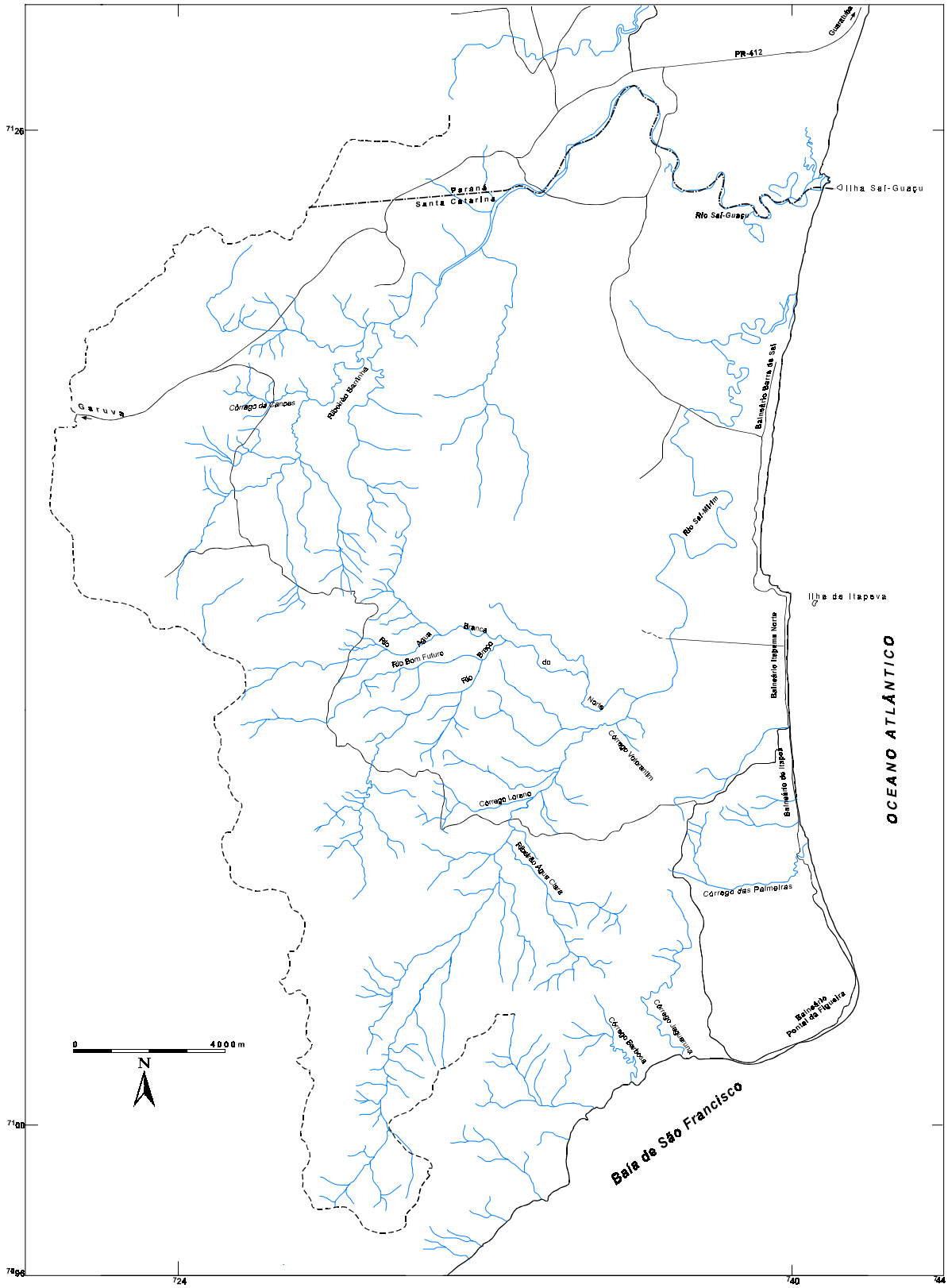


Figura 1.3: Rede de drenagem da planície costeira de Itapoá, Estado de Santa Catarina.

1.4.3 VEGETAÇÃO

Segundo Klein (1984), a cobertura vegetal do litoral norte do Estado de Santa Catarina é constituída basicamente por duas unidades florísticas: 1) as formações pioneiras sob influência marinha (restinga e herbácea), flúvio-marinha (mangue) e fluvial (herbácea); 2) a Floresta Ombrófila Densa, mais restrita e localizada.

A vegetação herbácea e arbustiva, abrange agrupamentos vegetais influenciados direta ou indiretamente pelo mar.

Sobre os terrenos marinhos de idade pleistocênicas e holocênicas, interiorizados ou junto a faixa oceânica atual, a vegetação de restinga é representada pelos guaramirins (*Eugenia catharinae*, *Eugenia umbelliflora* e *Goomidesia palustris*) e o cambui (*Myrcia multiflora* var. *glaucescens*), ambas de características arbustivas.

Ao longo dos rios, sob influência das marés desenvolvem-se manguezais, a espécie dominante é a siriúba (*Avicennia schaueriana*). Além da siriúba, também é frequente o mangue-de-cortume ou mangue-sapateiro (*Languncularia racemosa*), o mangue-charuto ou mangue-vermelho, também chamado de mangue-verdadeiro (*Rhizophora mangle*) e o capim-praturá (*Spartina alterniflora*) que forma um denso cinto herbáceo, característico nas águas mais profundas (Klein 1984).

1.4.4 CLIMA

O clima da região Sul do Brasil depende da atuação das massas de ar Tropical Atlântica e Polar Atlântica, cuja combinação define o caráter mesotérmico do mesmo, isto é, um clima predominantemente subtropical, úmido, com temperaturas médias anuais que variam entre 13 ºC e 25 ºC (CPTEC/INPE/CLIMANALISE 1997).

A massa de ar Tropical Atlântica (quente e úmida) varia de Leste para Nordeste, atuando na região praticamente durante todo o ano, enquanto que a Polar Atlântica (fria e seca), migra de Sudoeste para Nordeste e domina principalmente nos meses de inverno. A Frente Polar, resultado do encontro destas massas de ar, precede as frentes frias, ocasionado alterações climáticas em qualquer época do ano, cuja intensidade aumenta durante os meses de inverno e primavera (Monteiro 1992 *apud* Horn Filho 1997).

Segundo Alves (1996) a formação destas massas está relacionada a três anticlones semi-permanentes (Polar, do Pacífico Sul e do Atlântico Sul) e ao centro de baixa pressão semi-permanente do Chaco (Figura 1.4). A dinâmica dessas interações é determinada pela movimentação dos sistemas: centros de alta pressão originários de baixas latitudes, anticlones extratropicais que se destacam da massa polar e migram através do sul do continente ou do litoral sul americano e ciclones extratropicais associados à passagem de frentes frias.



Figura 1.4: Posição média dos centros de ação atmosféricos. As setas indicam o sentido preferencial de deslocamento dos sistemas móveis (Alves 1996)

As chuvas estão bem distribuídas no território, por força da ação das massas de ar mencionadas, não havendo caracterização de uma estação seca ou chuvosa. Pela classificação de Hoflich (1984 *apud* Horn Filho 1997) o clima da região é do **tipo Af** – chuvoso tropical e úmido, como precipitação uniformemente distribuída por todo o ano e **subtipo Cfa** – chuvoso temperado e úmido em todo o ano.

O litoral catarinense, segundo Pereira (1994 *apud* Horn Filho 1997), apresenta caráter de clima temperado, com estações do ano bem definidas. As temperaturas médias mínimas encontram-se entre 9 e 22º C, e as médias máximas, entre 19 e 31º C. O máximo pluviométrico ocorre geralmente no verão, devido a entrada de massas frias de origem polar, entretanto, a distribuição anual das chuvas é muito regular, definindo um regime tropical. A umidade do ar é relativamente alta, atingindo valores de 85 %. A tabela 1.1 apresenta os dados obtidos da Estação meteorológica de São Francisco do Sul, situada na Ilha de São Francisco do Sul, em uma altitude de 72 m para um período de 33 anos (1963-1996).

No litoral de Itapoá no período de 1996-1997 a temperatura mínima esteve em torno de 16 ºC, a máxima em 24 ºC e a média em torno de 18 ºC. A precipitação média anual foi de 141 a 150 mm, sendo o inverno a estação menos chuvosa e o verão a mais chuvosa (Tabela 1.2), segundo os dados da CPTEC/INPE/CLIMANALISE (1998).

No litoral norte de Santa Catarina o ventos predominantes são, nos meses de setembro a fevereiro, de Nordeste, e de março a agosto, de Sudoeste e Sudeste (Horn Filho 1997). A velocidade média anual dos ventos é de 10 km/h (Tabela 1.3).

Tabela 1.1: Dados climáticos da estação meteorológica de São Francisco do Sul, no litoral norte de Santa Catarina, para o período de 1963-1996 (Horn Filho 1997).

Mês/dado	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Janeiro	24,40	38,50	15,70	28,60	21,50	171,40	1010,40	86,10	248,10	165,40
Fevereiro	24,40	40,30	14,0	28,60	21,90	146,00	1011,20	87,50	281,00	164,60
Março	23,70	34,80	13,60	27,90	21,00	153,30	1012,10	87,70	244,90	216,00
Abril	21,50	33,70	10,50	25,90	18,90	152,10	1015,00	86,00	137,70	147,70
Maio	19,40	32,30	7,40	23,90	16,80	158,40	1016,50	88,00	119,90	90,40
Junho	17,50	30,80	4,30	21,80	14,60	132,80	1017,70	87,90	93,70	64,20
Julho	16,50	33,80	4,50	20,80	13,80	143,90	1019,10	87,90	102,80	64,00
Agosto	17,20	33,90	5,20	21,30	14,60	124,00	1017,90	88,90	95,00	70,60
Setembro	18,00	31,70	6,00	21,80	15,50	102,60	1016,90	88,80	130,60	98,90
Outubro	19,50	32,60	2,60	23,20	17,20	111,30	1014,80	86,70	151,20	134,00
Novembro	21,20	35,40	11,00	25,10	18,60	140,80	1012,30	85,50	143,30	114,40
Dezembro	23,00	38,40	15,00	27,10	20,20	168,90	1010,90	85,20	153,00	90,20
Média anual	20,52	34,68	9,15	24,66	17,88	142,12	1014,56	87,18	158,43	118,37

(A) Temperatura média (ºC); (B) Temperatura máxima absoluta (ºC); (C) Temperatura mínima absoluta (ºC); (D) Temperatura média máxima (ºC); (E) Temperatura média mínima (ºC); (F) Insolação (horas); (G) Pressão atmosférica (mb); (H) Umidade relativa (%); (I) Precipitação total (mm); (J) Precipitação máxima em 24 horas (mm).

Tabela 1.2: Dados meteorológicos para Itapoá nos anos de 1996 e 1997 (CPTEC/INPE/CLIMANALISE 1998)

Mês/Dado	Temp. min. (ºC)	Temp. max. (ºC)	Temp. med. (ºC)	Prec. Total (mm)	Sist. Front.
Janeiro 96	19	28,5	23	200	06
Fevereiro 96	19	28	22,5	200	08
Março 96	18	26	21	300	04
Abril 96	18	26,5	21	200	07
Maio 96	13	23	18	50	07
Junho 96	10	18	14	100	05
Julho 96	10	18	12	100	06
Agosto 96	11	20	15	50	06
Setembro 96	12	20	16	100	06
Outubro 96	16	24	19	250	06
Novembro 96	17	25	20	100	07
Dezembro 96	21	29	24	50	07
Média ano	**15,33**	**23,83**	**18,79**	**141,66**	**6,25**
Janeiro 97	21	29	24	300	06
Fevereiro 97	22	29	23	100	06
Março 97	19	27	22	250	04
Abril 97	17	26	19	100	04
Maio 97	14	22	16	100	07
Junho 97	12	20	16	100	07
Julho 97	12	20	16	50	07
Agosto 97	12	22	16	100	05
Setembro 97	14	24	18	100	08
Outubro 97	16	24	20	200	08
Novembro 97	19	26	22	200	08
Dezembro 97	21	30	24	200	08
Média ano	**17,10**	**24,91**	**19,66**	**150**	**6,5**

Tabela 1.3: Velocidades dos ventos para o período de 1963-1996 e direções principal e secundária para o período de 1991-1996 na estação meteorológica de São Francisco do Sul, no litoral norte de Santa Catarina (Horn Filho 1997).

Mês/Dado	Velocidade (km/h)	Velocidade (m/s)	Direção principal	Direção Secundária
Janeiro	11,52	3,2	NE	SE
Fevereiro	10,08	2,8	NE	SW
Março	10,08	2,8	SW	NE
Abril	9,72	2,7	SW	SE
Maio	9,72	2,7	SW	W
Junho	9,00	2,5	SW	W
Julho	9,36	2,6	SW	NE
Agosto	9,72	2,7	SE	NE
Setembro	10,08	2,8	NE	SW
Outubro	10,44	2,9	NE	SE
Novembro	10,44	2,9	SE	NE
Dezembro	10,80	3,0	NE	E
Média anual	**10,08**	**2,8**		

1.4.5 CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

1.4.5.1 Ondas

As ondas são um dos principais agentes na dinâmica costeira, sendo necessário o conhecimento detalhado do clima de ondas que atua numa determinada região, para entender as variações morfodinâmicas de uma praia. No litoral brasileiro os dados sobre ondas são muito escassos, em muitos casos as informações utilizadas são baseadas em observações visuais durante os trabalhos de campo ou campanhas de monitoramento de curtos períodos.

O clima de ondas na região Sul do Brasil está condicionado ao padrão de ventos do Atlântico Sul, relacionados a posição dos Centros de baixa e alta pressão. Este padrão é bastante complexo e variável, ocasionando a geração de ondas de todas as direções ao longo do ano (Gobbi 1997). Segundo o modelo da CPTEC (1997 *apud* Gobbi 1997) os Centros de alta pressão provocam ventos no sentido anti-horário (anticiclones), e os de baixa pressão no sentido horário (ciclones) no hemisfério sul e ao contrário no hemisfério norte. Este padrão de circulação dos ventos é responsável pela geração de grandes ondas. Segundo Gobbi (1997) a costa sul brasileira está fora das regiões atingidas por grandes ondas. Porém, ocasionalmente ondas de grande porte atingem o litoral sul. Para este autor isto pode ser explicado pela presença de sistemas frontais, como as frentes frias, que se deslocam pela região sul e sudeste brasileira durante todo o ano, no inverno estes sistemas são mais intensos e podem gerar Centros de baixa pressão (ciclones) em latitudes sul inferiores a 40º. Quando ocorre a coincidência de um destes ciclones posicionar-se em latitudes inferiores às dos Centros de alta pressão (anticiclones) têm-se as condições típicas para a formação de grandes ondas. Esta situação ocorreu duas vezes no ano de 1997 no sul do Brasil, uma em maio e outra em junho, ocasionado duas grandes “ressacas” (Gobbi 1997).

Os dados sobre ondas na região de estudos foram obtidos no trabalho de Alves (1996) e referem-se a campanha de medição direcional de ondas realizada pela Petrobrás no *Programa de Monitoramento ambiental da região costeira de São Francisco*, no período de 24 de janeiro a 01 de junho de 1996, abrangendo portanto partes do verão e do outono deste ano.

O ondógrafo direcional *Waverider* esteve fundeado numa lâmina d'água de 18 m de profundidade na frente da Prainha, Ilha de São Francisco do Sul, a uma distância aproximada de 2 km (Alves 1996).

A campanha resultou em 788 conjuntos de medições com três séries temporais cada, que forneceram dados sobre a altura significativa (Hs), período (Tp) ou freqüência de pico (fp=1/Tp) e direção dominante das ondas (Alves 1996).

Os resultados das medições mostram que as ondas dominantes são originárias de leste-sudeste, com período em torno de 8 a 10 segundos e alturas menores que um metro (Tabelas 1.5 e 1.6, Figuras 1.5 e 1.6). 0 valor médio da altura significativa foi de 1,03 m, o período de pico de 8,85 s, e a direção dominante foi 113,87º (leste-sudeste) (Alves 1996).

Tabela 1.4: Valores extremos dos parâmetros representativos do estado do mar (Alves 1996).

	H_s (m)		$H_{1/10}$ (m)		H_{max} (m)		T_p (s)		T_{za} (s)		θ_p (graus)	
	Máx.	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**
Total*	3,13	0,24	3,98	0,48	5,07	0,60	16,00	3,70	7,60	3,50	170,00	43,40
Fevereiro	1,94	0,38	2,47	0,48	3,10	0,60	11,90	3,70	7,00	3,50	159,50	57,10
Março	2,23	0,59	2,84	0,75	3,40	0,94	12,30	5,40	7,60	3,70	170,00	76,60
Abril	2,18	0,65	2,77	0,82	3,45	1,03	13,80	4,10	6,60	3,50	167,30	71,90
Maio	1,87	0,47	3,98	0,60	2,88	0,75	16,00	4,10	7,30	3,70	165,30	67,50

* Os valores para o número total de registros incluem medições realizadas em janeiro e junho e referem-se a um total de 788 registros.
(H_s) Altura Significativa; ($H_{1/10}$) Altura média do décimo das maiores ondas; (H_{max}) Altura máxima; (T_p) Período de pico; (T_{za}) Período de zeros ascendentes; (**θ_p**) Direção dominante.

Tabela 1.5: Valores médios dos parâmetros representativos do estado do mar (Alves 1996)

	H_s (m)	$H_{1/10}$ (m)	H_{max} (m)	T_p (s)	T_{za} (s)	θ_p (graus)
Total *	1,03	1,31	1,64	8,85	5,07	113,87
Fevereiro	0,90	1,14	1,43	7,56	4,82	102,56
Março	1,32	1,69	2,09	9,03	5,43	111,98
Abril	1,06	1,35	1,69	8,61	4,97	114,76
Maio	0,99	1,27	1,57	10,11	5,32	117,74

* Os valores para o número total de registros incluem medições realizadas em janeiro e junho e referem-se a um total de 788 registros.
(H_s) Altura Significativa; ($H_{1/10}$) Altura média do décimo das maiores ondas; (H_{max}) Altura máxima; (T_p) Período de pico; (T_{za}) Período de zeros ascendentes; (**θ_p**) Direção dominante.

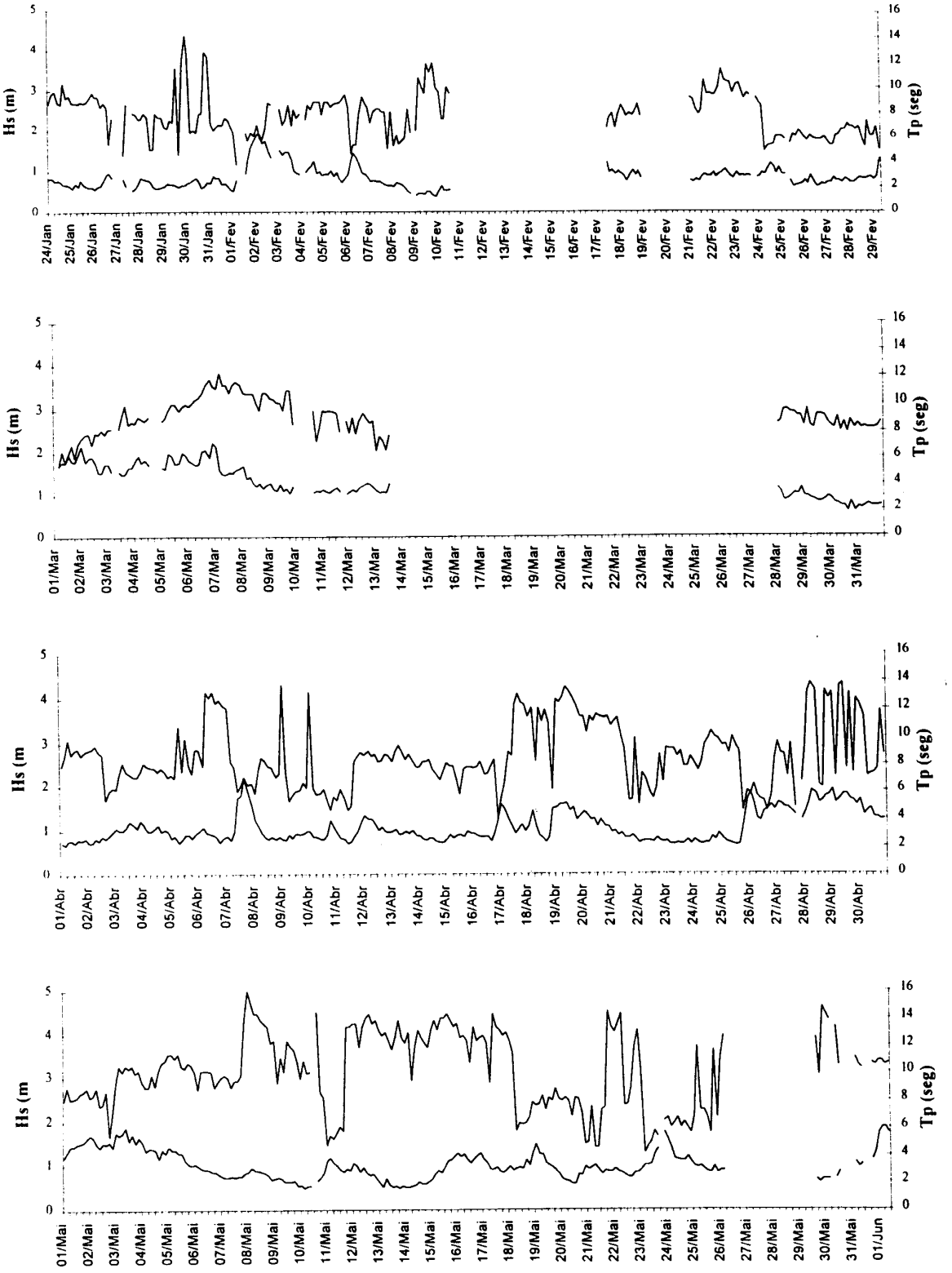


Figura 1.5: Séries temporais, alturas significativas e períodos de pico para o período total de medições (Alves 1996).

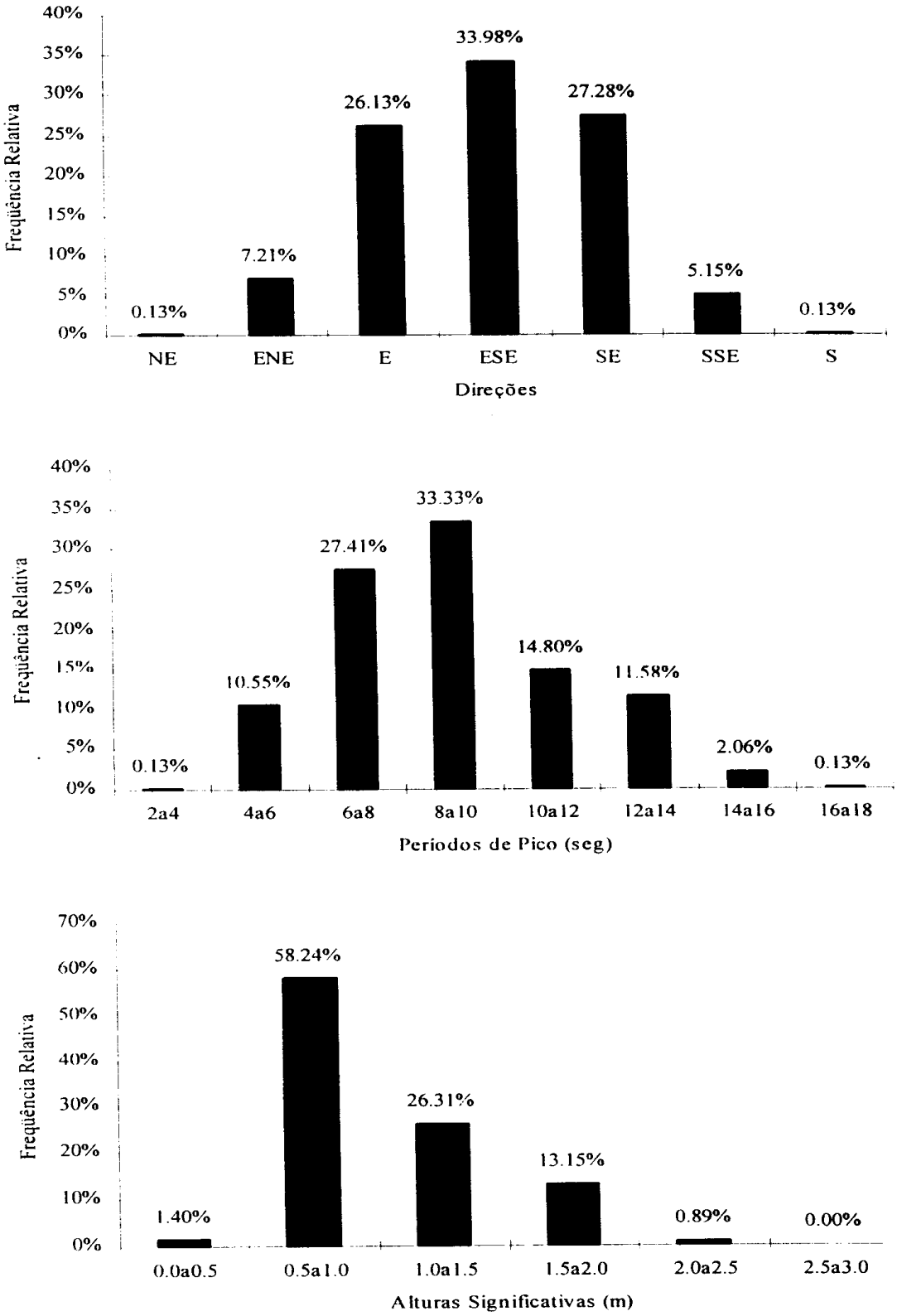


Figura 1.6: Histogramas de freqüências relativas de direções dominantes, períodos de pico e alturas significativas para todas as medições (Alves 1996).

Com base nestas informações Alves (1996) identificou para a região costeira de São Francisco do Sul quatro estados de mar: Lestada, Ondulações de Sudeste, Vagas de Leste-Nordeste e Vagas de Sul-Sudeste, e os associou aos padrões meteorológicos que lhes deram origem.

1.4.5.2 Marés e correntes litorâneas

A maré na região sul do Brasil é do tipo semidiurna com desigualdades diurnas, ou seja ocorrem duas preamares e duas baixamares por dia, cujas as amplitudes são diferentes (Figura 1.7). As amplitudes normais são do tipo micromaré (em torno de 1,5 m) (DHN 1995, 1996, 1997).

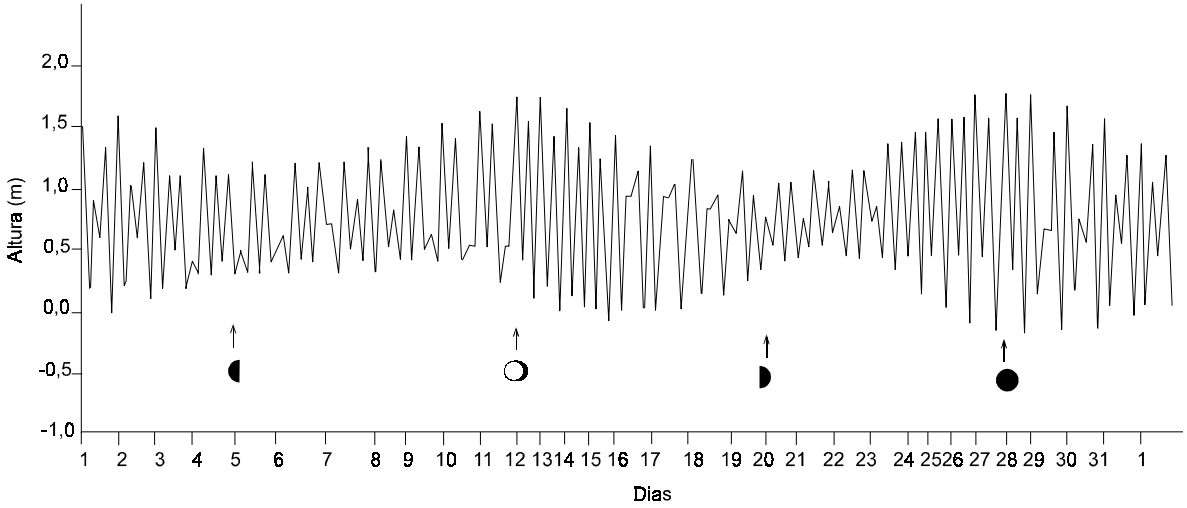


Figura 1.7: Forma semidiurna das marés no Porto de São Francisco do Sul para o mês de janeiro de 1998 (DHN 1997)

Por vezes o litoral pode apresentar alterações na amplitude das marés devido a fatores meteorológicos, como por exemplo a passagem de frentes frias com ventos fortes provenientes do quadrante sul. Este tipo de fenômeno é conhecido como maré meteorológica (Marone & Camargo 1994). Seu efeito é mais significativo nas zonas litorâneas e embaiamentos, devido ao empilhamento de água na costa, sendo comumente acompanhada de episódios erosivos e destrutivos, que são mais acentuados quando a maré meteorológica coincide com maré astronômica mais alta (sízigia) (Calliari *et al.* 1996).

Dados sobre as correntes de maré da Baía de São Francisco do Sul são pouco conhecidos. Os únicos dados encontrados na bibliografia referem-se a campanha de medições feita pela Petrobrás (Alves 1996) e aos relatórios técnicos da Coppetec (1997). Segundo estes

dados as correntes médias medidas em São Francisco do Sul são inferiores a 0,3 m/s, sendo as correntes de vazante mais intensas que as de enchentes (Figuras 1.8, 1.9).

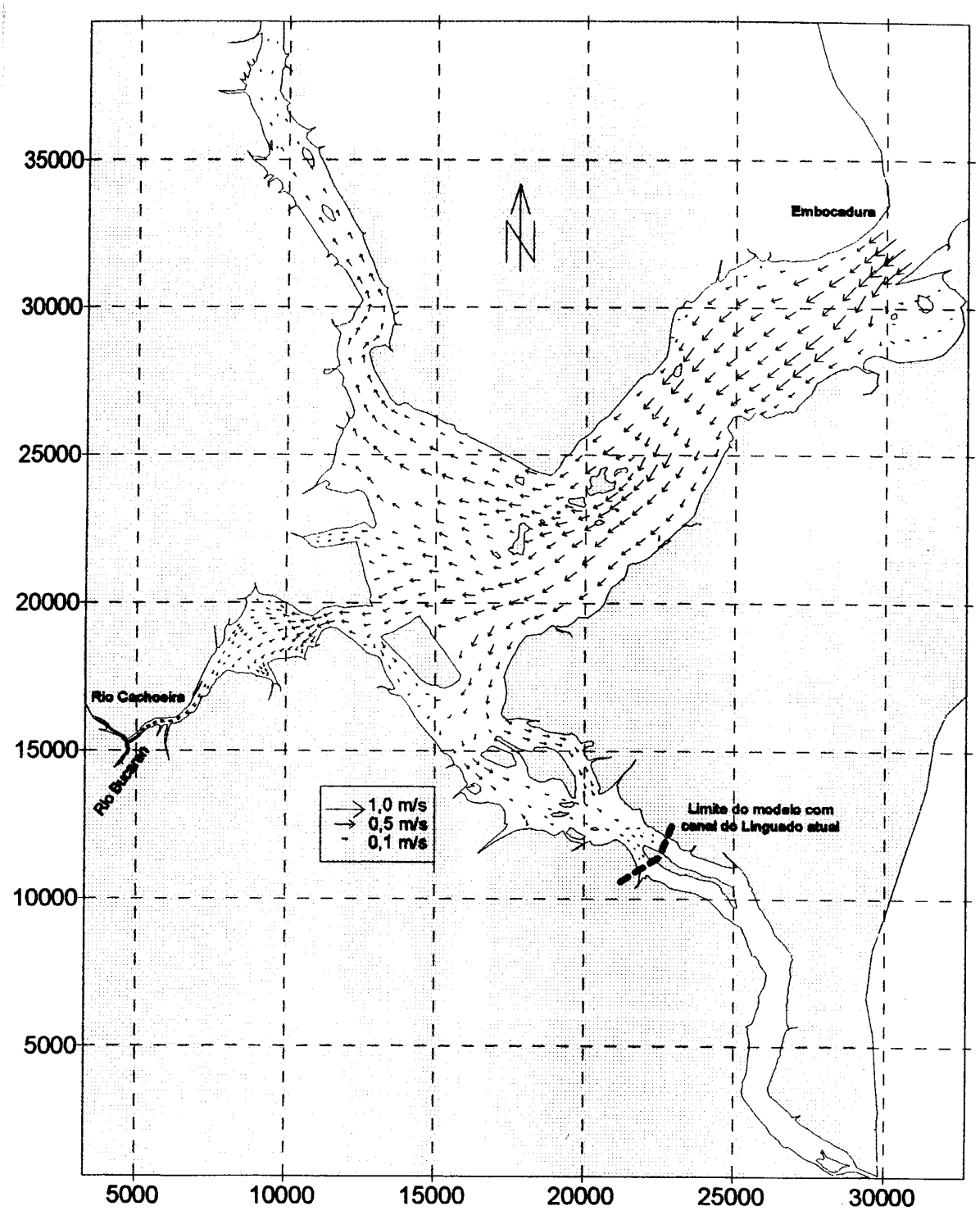


Figura 1.8: Correntes de maré na Baía de São Francisco ou de Babitonga, em torno da hora de preamar na embocadura (Coppetec 1997).

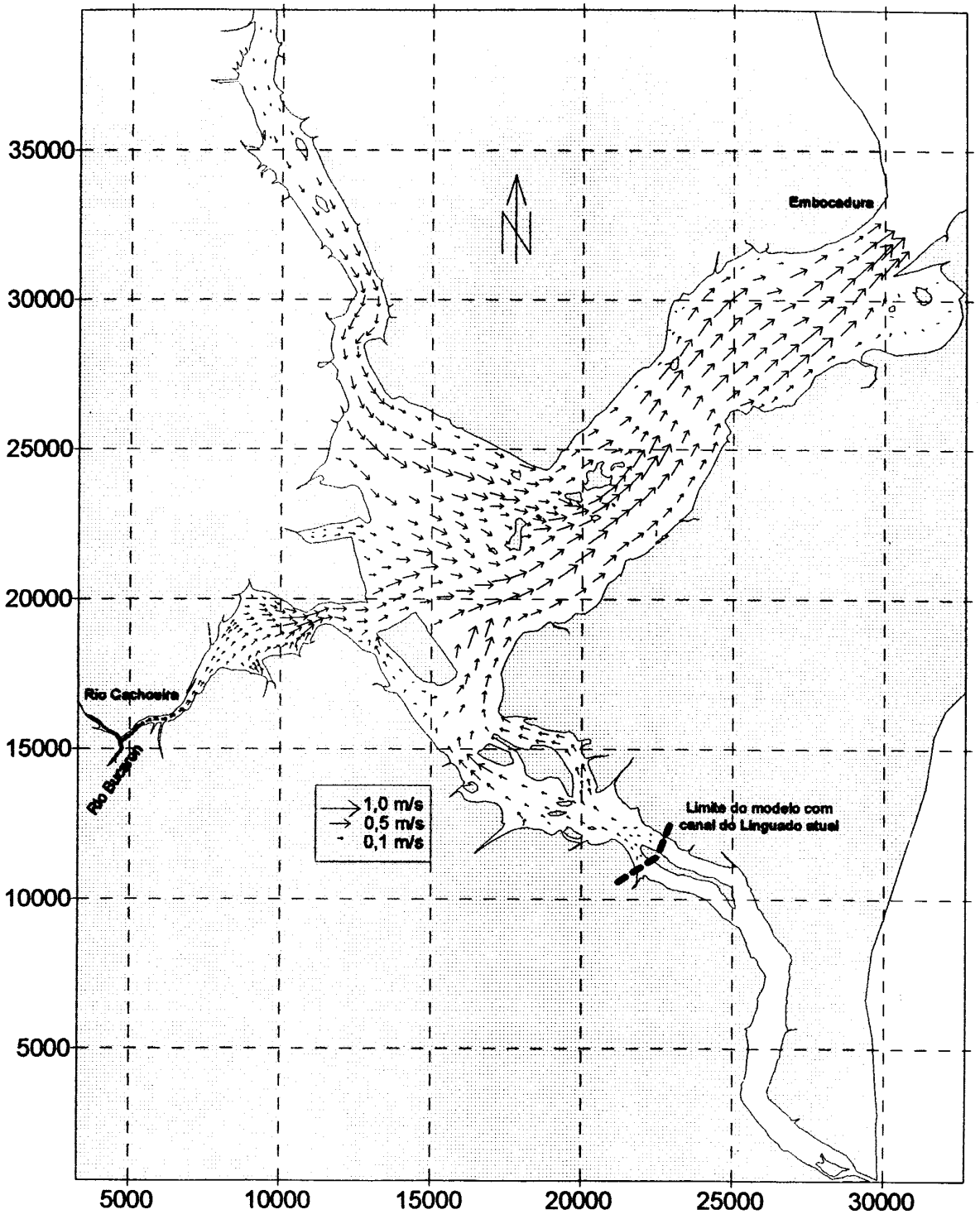


Figura 1.9: Correntes de maré na Baía de São Francisco ou de Babitonga, em torno da hora de baixamar na embocadura (Coppetec 1997).

2 MAPEAMENTO E EVOLUÇÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAPOÁ[1]

2.1 INTRODUÇÃO

A planície costeira do Município de Itapoá localiza-se na região nordeste do Estado de Santa Catarina. O contexto geológico regional é constituído por rochas Pré-Cambrianas do Cinturão Granitóide Costeiro (Basei *et al.* 1992) e pelos depósitos marinhos e continentais do Quaternário (Martin *et al*. 1988) (Figura 2.1).

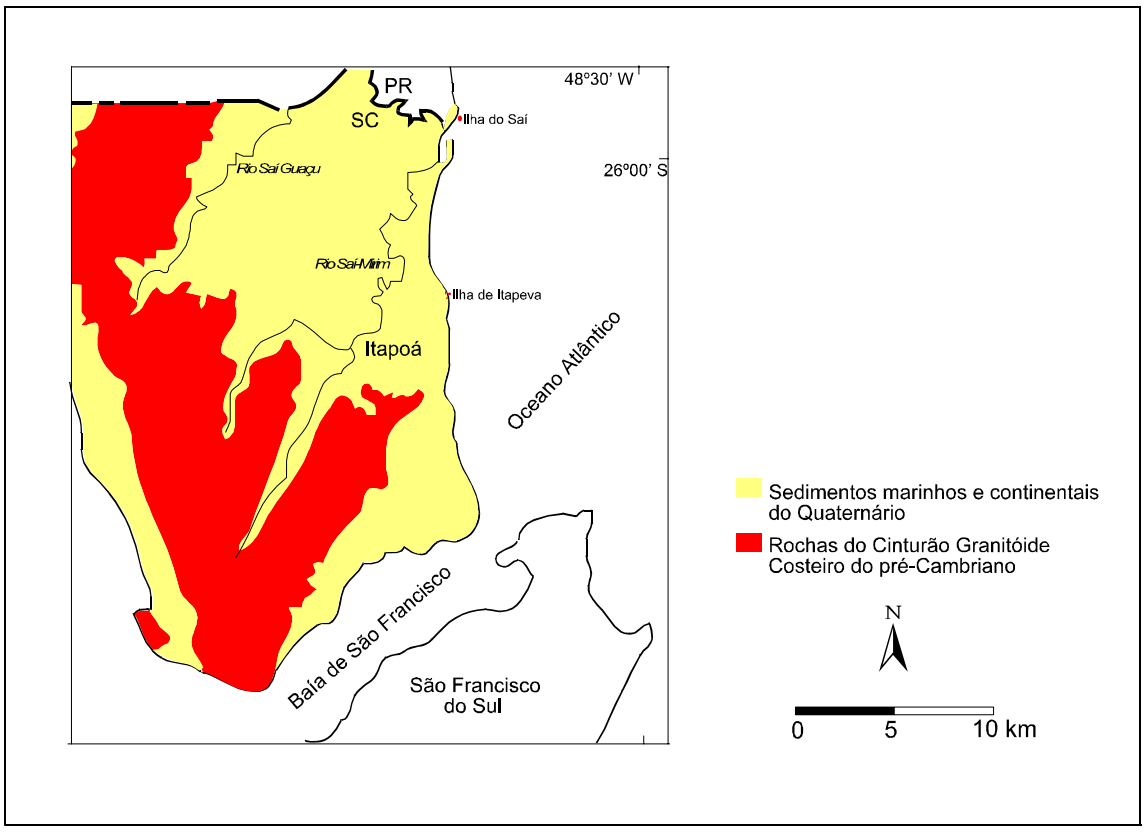


Figura 2.1: Contexto geológico regional da planície costeira de Itapoá

As rochas do embasamento ocorrem, principalmente, a oeste da área formando morros, serras baixas e a própria Serra do Mar. Em alguns trechos as rochas do embasamento alcançam a costa formando promontórios e pequenas ilhas (*e.g.* Ilha de Itapeva e Ilha do Saí).

[1] Parte deste capítulo foi publicado por Angulo & Souza (1998a)

2.1.1 GEOLOGIA REGIONAL

Os primeiros trabalhos sobre o Cinturão Granitóide Costeiro, também denominado Domínio Paranaguá, foram realizados por Bigarella (1965), Fuck *et al.* (1969) e Lopes & Lima (1985). Posteriormente Lopes (1987) identificou neste domínio, na Serra da Prata e arredores, cinco variedades graníticas denominadas de Morro Inglês, Rio Canavieiras, Cubatãozinho, Rio do Poço e Estrela, para os quais, juntamente com os metassedimentos encaixantes (Formação Rio das Cobras), atribuiu idade arqueana. Siga Jr. *et al.* (1993) mantiveram o uso das denominações destas variedades graníticas, estendendo-as para os setores a norte e a sul da Serra da Prata. Segundo estes autores estes terrenos limitam-se a norte e oeste com o Domínio Luís Alves por falhas de cavalgamento, que colocam este domínio por sobre o de Luís Alves. Os limites a sul e a sudoeste com o domínio Luís Alves são representados por zonas de cisalhamento dos lineamentos Palmital, Alexandra e Garuva (Silva & Dias 1981a,b) (Figura 2.2).

O Cinturão Granitóide Costeiro, segundo Siga Jr. *et al*. (1993)**,** é um complexo ígneo polifásico que inclui uma grande variedade de rochas graníticas distribuídas ao longo da faixa oriental, com mais de 100 km de extensão, desde a Ilha de São Francisco do Sul, no Estado de Santa Catarina até o sul da cidade de Itatins, no Estado de São Paulo, tendo em média cerca de 30 km de largura.

Entre os seus litotipos predominam anfibólio-biotita granitóides porfiríticos, tendo como encaixantes xistos aluminosos, seqüências paragnáissicas com biotita gnaisses, mica xistos, quartzitos, com freqüentes intercalações de anfibolitos e unidades de ortognaisses, onde se destacam biotita-anfibólio gnaisses bandados (Siga Jr. *et al.* 1993). Segundo estes mesmos autores, faixas miloníticas espessas são freqüentes em meio aos granitóides. O tipo mais comum, apesar das freqüentes variações, é um granitóide a base de quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita e/ou hornblenda. Os principais minerais acessórios são opacos, zircão, apatita e titanita. Os autores também mencionam a ocorrência de epídoto.

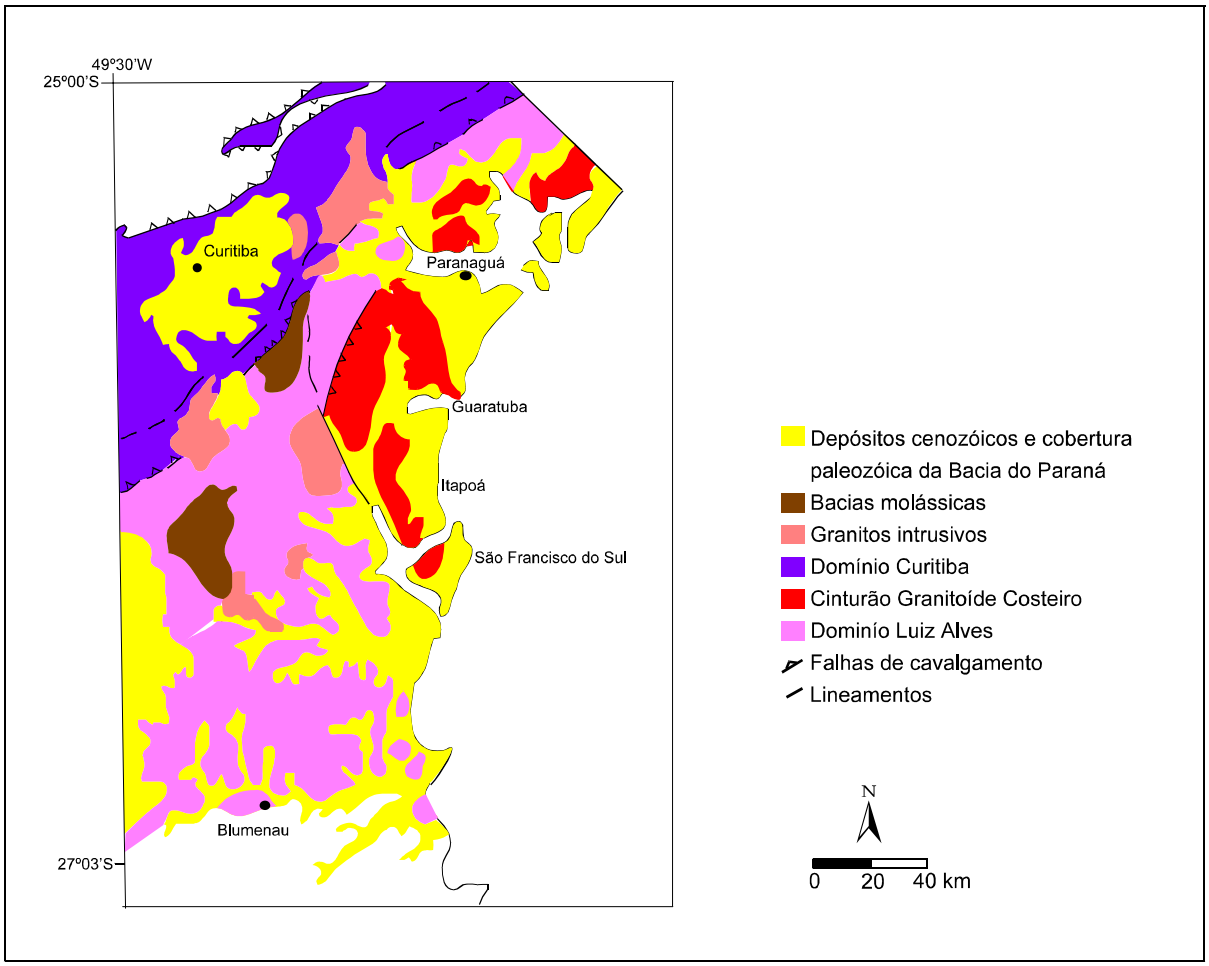


Figura 2.2: Distribuição e limites das rochas do Cinturão Granitóide Costeiro (Siga Jr. *et al*. 1993, modificado).

Estruturalmente, o Domínio Cinturão Granitóide Costeiro é marcado por orientação principal norte-nordeste e vergência para oeste, rumo ao Domínio Luiz Alves, as rochas mostram deformação heterogênea com os megacristais, principalmente de feldspato potássico, na forma de *augen* (Siga Jr. *et al.* 1993).

2.1.2 GEOLOGIA DO QUATERNÁRIO

Martin *et al.* (1988) apresentam um mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina na escala 1:200.000. Para a planície costeira de Itapoá, litoral norte de Santa Catarina, descrevem sete unidades diferenciadas com base em características sedimentológicas, aspectos morfológicos e idades dos depósitos sedimentares (Figura 2.3).

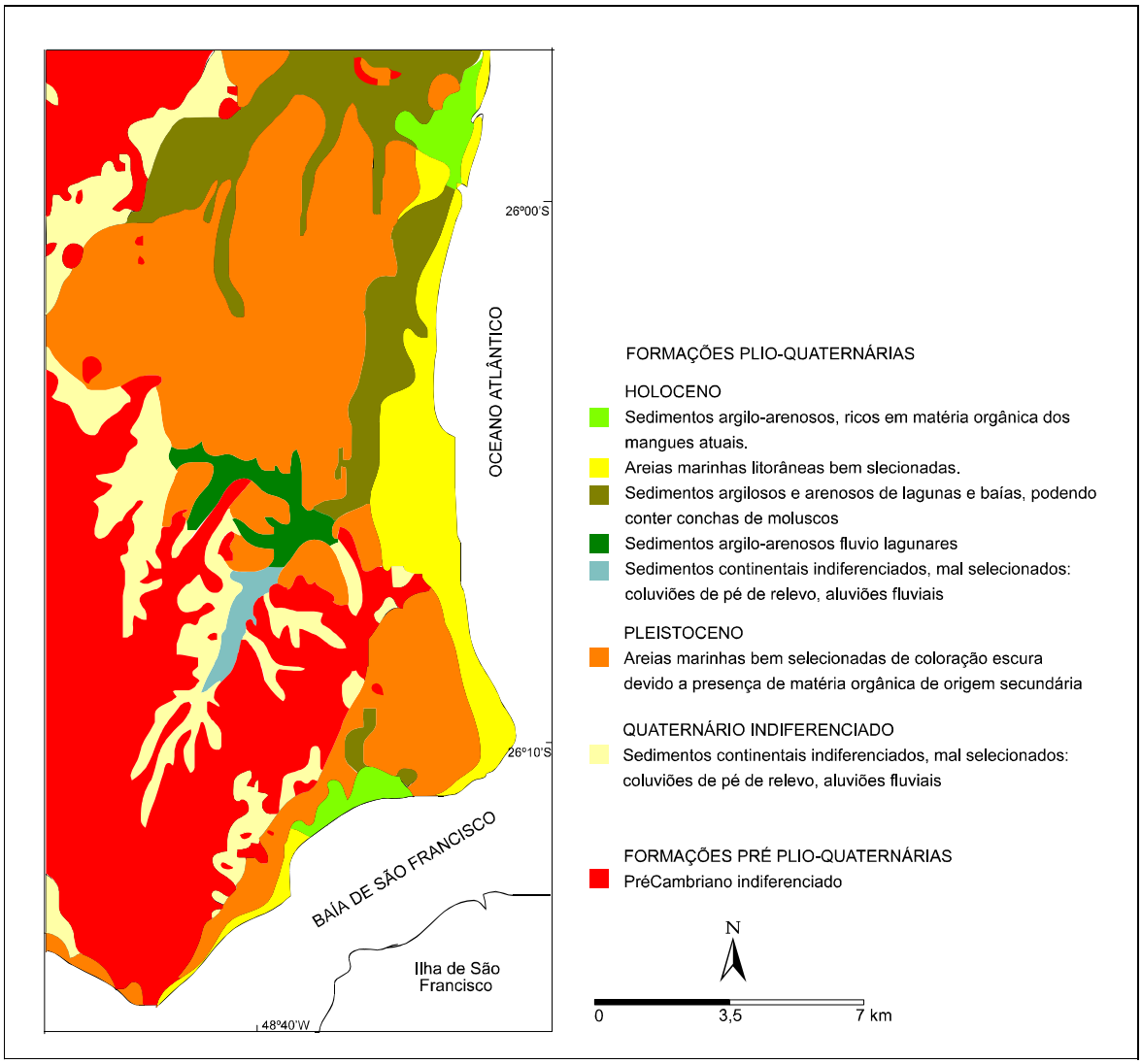


Figura 2.3: Mapa geológico da planície costeira da região de Itapoá, Estado de Santa Catarina (Martin *et al.* 1988).

Horn Filho *et al.* (1993) realizaram mapeamento na escala 1:50.000 dos depósitos cenozóicos do litoral norte de Santa Catarina, nas áreas correspondentes às folhas topográficas de Garuva e São Francisco. Neste trabalho os autores interpretaram os depósitos sedimentares como pertencentes a sistemas deposicionais de encostas e ilhas barreiras. Horn Filho (1997) apresenta uma mapa na escala 1:50.000 da região de São Francisco do Sul. Neste trabalho o autor descreve oito unidades para a planície costeira de Itapoá (Figura 2.4).

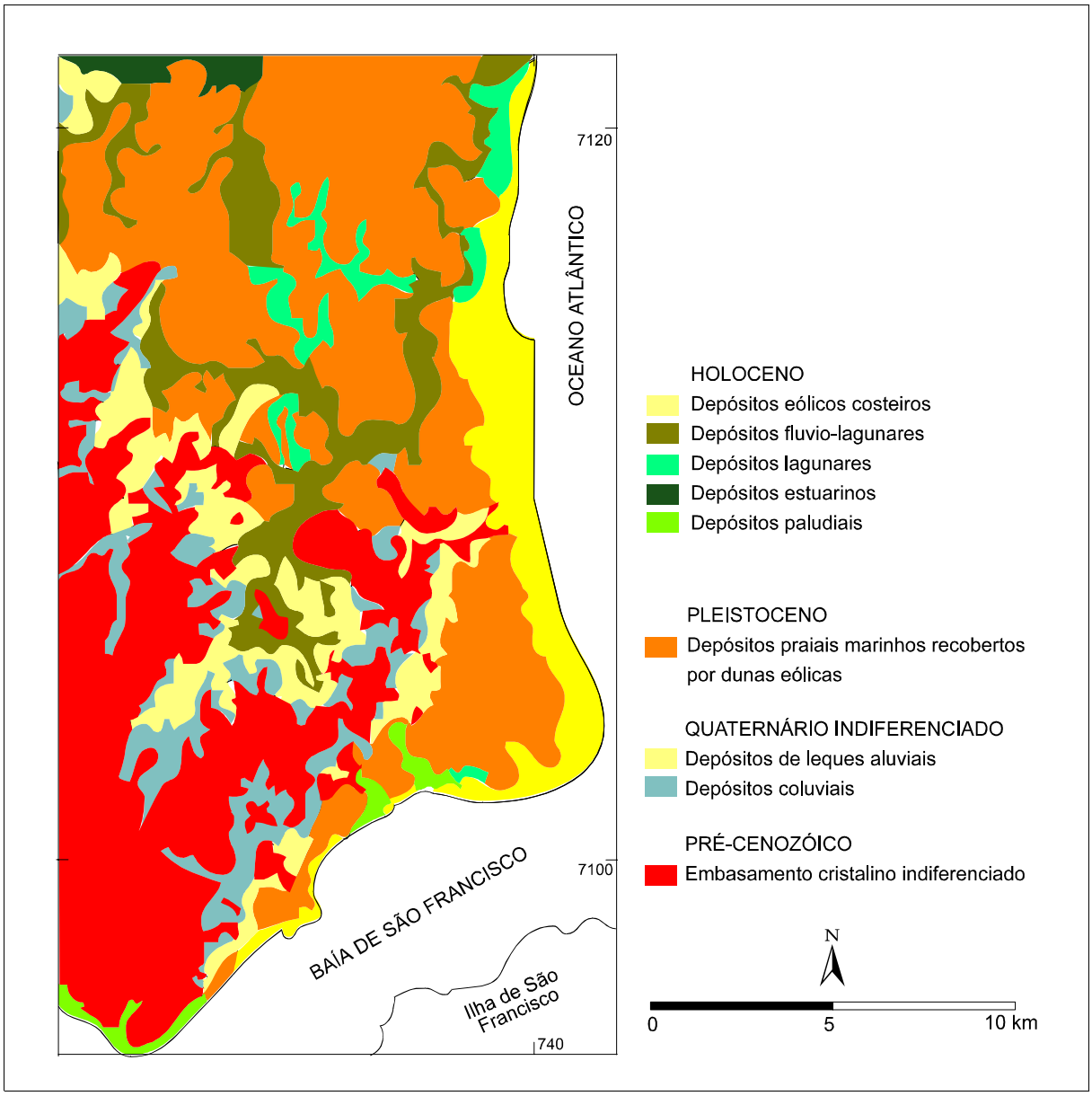


Figura 2.4: Mapa geológico da planície costeira da região de Itapoá, Estado de Santa Catarina (Horn Filho 1997).

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O mapa geológico da planície costeira foi realizado com base em dados de fotointerpretação e descrição de afloramentos e perfis em campo (Figura 2.5). As etapas de trabalho foram divididas em três fases: mapa preliminar com base em fotointerpretação, mapa de campo com base em descrição de afloramentos e perfis, e mapa final com os resultados das duas etapas iniciais.

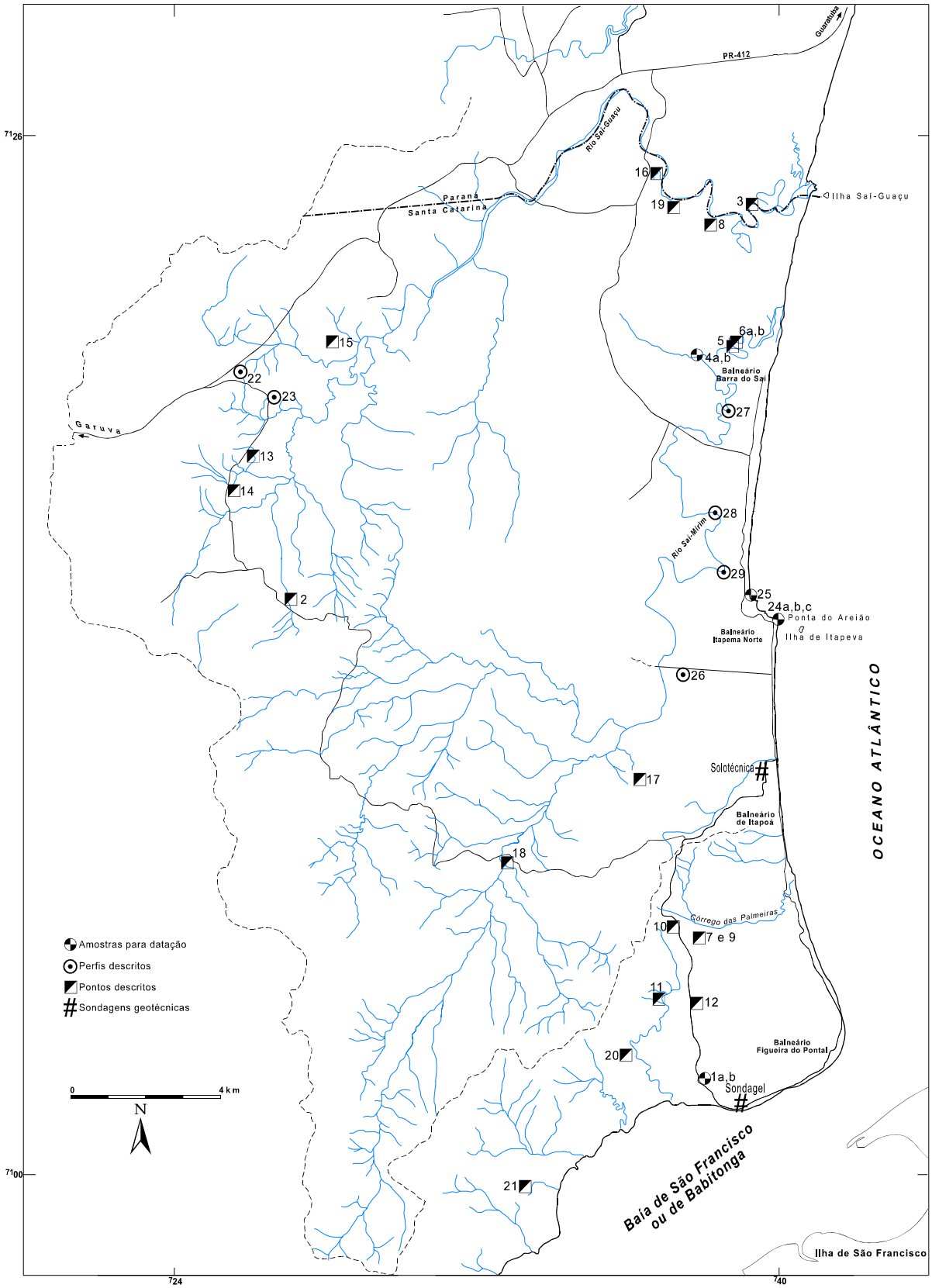


Figura 2.5: Mapa de localização dos afloramentos, perfis e pontos amostrados e descritos.

Para o mapeamento foram utilizadas fotografias aéreas dos anos de 1963, na escala 1:70.000, 1966 e 1996, na escala 1:60.000, 1952/53, 1957 e 1978, na escala 1:25.000, e 1995, na escala 1:12.500. A base cartográfica foi feita a partir das folhas topográficas de 1981 na escala 1:50.000 do IBGE - Secretaria de Planejamento da Presidência da República dos municípios de São Francisco do Sul (SG.22-Z-B-II-2/III-1 MI-2870-2 - 2871-1), Garuva (SG.22-Z-B-II-1 MI-2870-1) e Guaratuba (SG.22-X-D-V-4 MI-2858/4) (Figura 2.6).

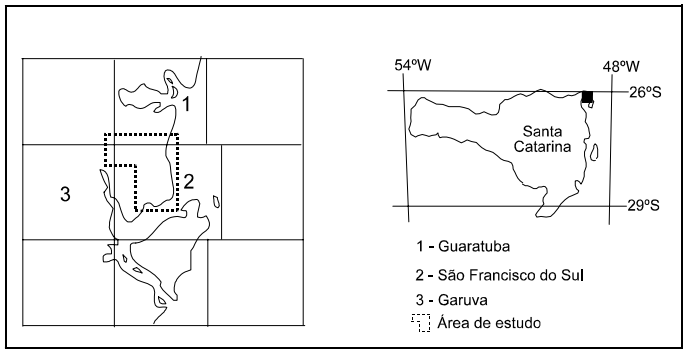


Figura 2.6: Articulação das folhas topográficas

O mapa final foi confeccionado em meio digital com o auxílio dos programas *Adobe Photoshop* (versão 4.0, 1996) e *FreeHand for Windows* (versão 7.0, 1995) a partir da escanerização dos *overlays* e das folhas topográficas.

A análise da evolução da planície costeira foi feita com base em resultados de datações radiocarbônicas, descrição de sondagens geotécnicas e bibliografias sobre o assunto da região costeira do Brasil e da área de estudo. Para as datações foram obtidas seis amostras sendo, três de tubos de vermetídeos (Ponto 24a,b,c) coletadas no costão da Ponta do Areião, Itapema do Norte, duas de madeira, uma correspondente a um tronco de árvore *in situ* (Ponto 25), aflorante na praia de Itapema do Norte após a ressaca de junho de 1997 e outra em sedimentos areno-argilosos aflorantes na margem do Rio Saí-Mirim (Ponto 4a), e uma amostra de conchas de *Anomalocardia brasiliana* (Ponto 1b) coletada em sedimentos areno-argilosos em Figueira do Pontal (Figura 2.5). Após o tratamento (secagem ao ar, limpeza e classificação) as amostras foram encaminhadas para o Laboratório do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo - CENA/USP para serem datadas pelo método do Carbono 14.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 UNIDADES MAPEADAS

As unidades mapeadas na planície costeira de Itapoá foram identificadas a partir das características morfológicas em fotografias aéreas e caracterizadas de acordo com as fácies sedimentares e ambiente de sedimentação. Foram identificadas as seguintes unidades (Mapa - Anexo I):

Depósitos continentais	- Leques aluviais e colúvios - Terraços e planícies fluviais
Depósitos marinhos	- Terraços marinhos - Dunas - Praias
Depósitos estuarinos	- Planícies paleoestuarinas - Manguezais

Os sedimentos continentais incluem os depósitos associados as vertentes, tais como leques aluviais e colúvios e os sedimentos de origem fluvial que abrangem os terraços e as planícies fluviais.

Os sedimentos costeiros foram separados em dois depósitos principais: depósitos marinhos, que inclui os terraços de construção marinha, as dunas frontais e praias atuais; depósitos estuarinos que engloba as planícies paleoestuarinas e os manguezais atuais.

2.3.1.1 Depósitos Continentais

Os depósitos continentais apresentam-se distribuídos principalmente a oeste e sudoeste da área de estudo. São representados por colúvios e leques aluviais e por terraços e planícies fluviais (Mapa - Anexo I).

2.3.1.1.1 Leques aluviais e colúvios

Os depósitos de colúvios e leques aluviais ocorrem associados aos sopés das encostas do embasamento cristalino.

A partir das características morfológicas, identificadas através da fotointerpretação, foi possível distinguir duas unidades de leques aluviais. Uma formada por pequenos leques aluviais com morfologia preservada e associados a cursos fluviais atuais. Aparentemente estes leques não são funcionais, pois estão dissecados pelos vales dos rios atuais. Pelas suas características morfológicas estes leques foram considerados como formados durante o Quaternário (indiferenciado). Nesta unidade foram incluídos os colúvios.

A outra unidade de leques aluviais corresponde a uma única área, localizada no setor noroeste próximo a localidade de Mina Velha. Trata-se de uma área de relevo suave ondulado, limitada a leste por depósitos paleoestuarinos e a oeste por depósitos fluviais, dissecada e sem relação de continuidade com serras ou morros, não estando preservada a morfologia de leque.

Nesta unidade foram descritos dois perfis. No afloramento corresponde ao perfil 01 (Ponto 22 – Figura 2.5), com aproximadamente 4 m de altura, foram identificadas três fácies com espessuras entre 0,05 e 0,80 m: cascalhos suportados pelos clastos, cascalhos suportados pela matriz e lamas. O afloramento apresenta coloração avermelhada com tons violáceos, ocres e cinzas (Foto 2.1).



Foto 2.1: Vista geral do afloramento referente ao perfil 01, próximo a localidade de Mina Velha.

Os cascalhos, tanto os suportados pelos clastos como os suportados pela matriz, são compostos por seixos e matacões de granito e quartzo (0,5 a 1,5 m de diâmetro), subarredondados, com os seixos e matacões de granito altamente intemperizados. A matriz dos cascalhos é constituída por sedimentos argilo-arenosos sem estrutura visível. Na fácies de cascalho suportado pelos clastos observou-se imbricação incipiente. A seqüência de cascalhos

apresenta granocrescência ascendente e na parte superior do perfil, alguns contatos mal definidos indicariam camadas de cascalhos em forma de cunha.

A fácies de lama ocorre principalmente na base do afloramento. Trata-se de sedimentos argilo-arenosos, mal selecionados, contendo até seixos, sem estrutura visível e cor predominantemente cinza. Foram observados tubos verticais e oblíquos de 2 a 4 mm de diâmetro e até 4 cm de comprimento e bioturbações não figurativas (Foto 2.2).



Foto 2.2: Fácies de lama com bioturbações não figurativas e tubos (T).

No perfil 02 (Ponto 23 – Figura 2.5), com aproximadamente 2 m de altura, observaram-se duas fácies: cascalhos suportados por clastos e lamas. Os cascalhos são compostos por seixos e matacões de até 2 m de diâmetro, principalmente de granito e quartzo, ocorrendo também matacões de migmatito. Os seixos e matacões de granito apresentam-se friáveis devido ao intemperismo diferencial que retirou o feldspato da rocha. Os cascalhos apresentam imbricação incipiente dos seixos, e matriz composta por sedimentos areno-argilosos (Foto 2.3).

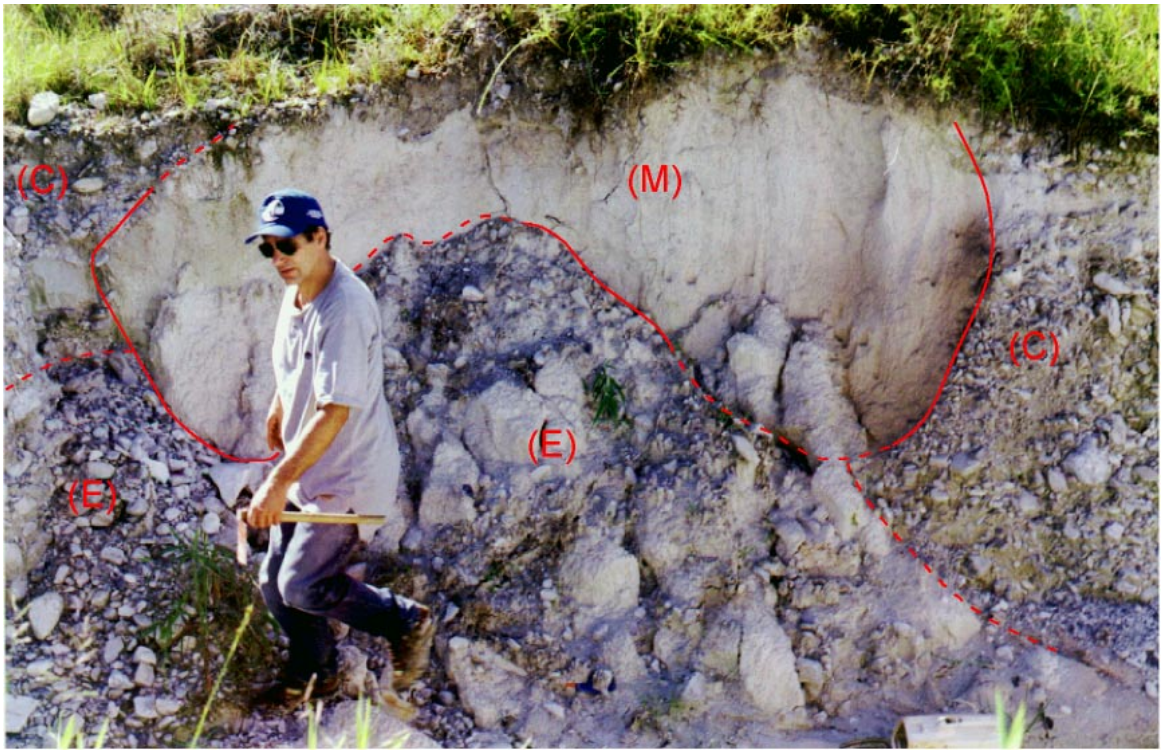


Foto 2.3: Matacão de granito intemperizado (M) em fácies de cascalho suportado por clastos (C) do perfil 02. (E) encoberto.

As lamas são compostas por camadas lenticulares com espessuras entre 0,5 e 1,0 m, com granocrescência, constituídas por areia e argila com grânulos e seixos (Foto 2.4).

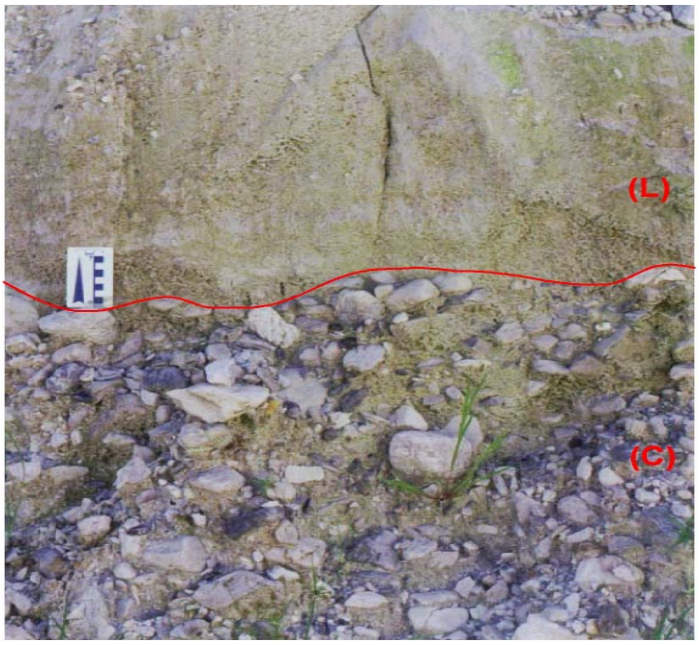


Foto 2.4.: Fácies de cascalho suportado por clastos (C) e lama (L) do perfil 02.

As fácies encontradas nos dois perfis foram interpretadas como formadas por fluxos trativos, cascalhos suportados pelos clastos, e fluxos gravitacionais, cascalhos suportados pela matriz e as lamas. As três fácies indicariam um ambiente deposicional de leque aluvial em sua porção proximal ou intermediária. Estes depósitos foram denominados informalmente de Formação Mina Velha.

2.3.1.1.2 Terraços e planícies fluviais

A unidade de terraços e planícies fluviais ocorre principalmente ao sul e a oeste da área de estudo. Apresentam relevo plano e altitudes que variam de 3 a 50 m, com aumento do declive em direção as cabeceiras (Mapa - Anexo I).

Trata-se de amplas planícies aluviais e terraços fluviais desproporcionais ao tamanho dos rios atuais, evidenciando rios diminuídos e um relevo afogado.

Os terraços fluviais e as planícies aluviais, em algumas situações, apresentam características morfológicas semelhantes aos terraços marinhos e as planícies paleoestuarinas, sendo difícil diferenciá-los em fotografias aéreas, nestes casos os limites foram definidos no campo a partir de características sedimentológicas.

Os sedimentos dos terraços fluviais e das planícies aluviais apresentam diferenças significativas entre si, nos terraços os sedimentos são mais arenosos e mal selecionados, enquanto que nas planícies os sedimentos são mais argilosos e muito mal selecionados. Os resultados das análises granulométricas de duas amostras coletadas no terraço fluvial (Ponto 18) e na planície aluvial (Ponto 13) apresentaram variações significativas (Tabela II.1 – Anexo II). A amostra 13, localizada à oeste da área, coletada próximo ao contato da planície aluvial com a planície paleolagunar (Figura 2.5.), é constituída por silte grosso, diâmetro médio 4,87 ϕ, muito mal selecionada, desvio padrão 2,32, assimetria muito positiva (0,75) e muito leptocúrtica, curtose 2,12.

A amostra 18, localizada à sul, coletada no terraço fluvial próxima das rochas do embasamento (Figura 2.5), é constituída por areia média, diâmetro médio 1,50 ϕ, mal selecionada, desvio padrão 1,60, assimetria muito positiva (1,70) e extremamente leptocúrtica, curtose 6,98.

2.3.1.2 Depósitos marinhos

2.3.1.2.1 Terraços marinhos

Os terraços marinhos ocorrem amplamente distribuídos na área de estudo, alcançado sua maior extensão, entre o sopé da serra e o oceano, em torno de 12 km (Mapa – Anexo I).

Morfologicamente podem ser distinguidos dos tipos principais de terraços marinhos: os terraços internos e os externos.

Os terraços internos apresentam morfologia plana a suave ondulada. As altitudes dos terraços variam entre 2 e 10 m, diminuindo progressivamente em direção ao mar. Tem sua máxima extensão na parte central da planície alcançando 10 km de largura, uma das características morfológicas mais evidentes nestes terraços é estarem recortados por um sistema fluvial com nível de base inferior ao atual.

O sistema fluvial que dissecou estes terraços apresentava um padrão de drenagem ortogonal, com vales paralelos e transversais aos alinhamentos dos antigos cordões praiais.

Os terraços externos apresentam morfologia plana a suave ondulada, com altitudes entre 2 a 4 m, diminuindo progressivamente em direção ao mar. Também observou-se a diminuição da altitude destes terraços a partir da parte central em direção ao norte. A sua máxima extensão ocorre na parte sul da planície alcançando em torno de 3 km de largura.

Nas fotografias aéreas podem ser observados alinhamentos subparalelos a linha de costa atual e recurvados para o interior na parte central da planície (Mapa - Anexo I).

As análises granulométricas das amostras dos terraços marinhos evidenciaram um predomínio de sedimentos arenosos finos (2 a 3 ϕ) a muito finos (3 a4 ϕ). São sedimentos composto quase que exclusivamente por areia, porém duas amostras (Pontos 20 e 21) apresentaram teores de grânulos entre 1,14 e 5,59 % (Tabelas II.2 e II.3 – Anexo II). Os terraços mais internos (mais antigos) apresentaram teores de finos entre 1,5 e 17 %, que foram interpretados como provenientes de processos epigenéticos, especialmente a pedogênese, e não foram considerados nos cálculos dos parâmetros granulométricos.

Os resultados das análises evidenciaram amostras moderadamente selecionadas, média do desvio padrão 0,64, assimetria muito negativa com média de -0,80, e extremamente leptocúrtica, média da curtose 7,65. A média do diâmetro médio de todas as amostras foi

2,50 ϕ, com teores médios de 58,28 % de areia fina, 22,73 % areia muito fina, 9,99 % areia média, 6,51 % areia grossa, 1,50 % areia muito grossa e 0,58 % de grânulos (Tabelas II.2 e II.3 – Anexo II).

Nota-se que as amostras com altos teores da fração grossa e pior selecionadas (Tabela II.2 e II.3 – Anexo II) foram coletadas nos terraços da parte sul da área de estudo, geralmente próximas as rochas do embasamento (Figura 2.5**)**.

Estas amostras apresentam características granulométricas semelhantes aos sedimentos dos terraços fluviais (Figura 2.7). Porém, a fração fina destes sedimentos apresenta cor castanha, semelhante à cor dos finos dos terraços marinhos compostos por areias bem selecionadas. Como foi descrito, a fração de finos das amostras dos terraços marinhos foi considerada de origem epigenética, correspondente principalmente a processos pedogenéticos e não foram consideradas nos cálculos dos parâmetros estatísticos.

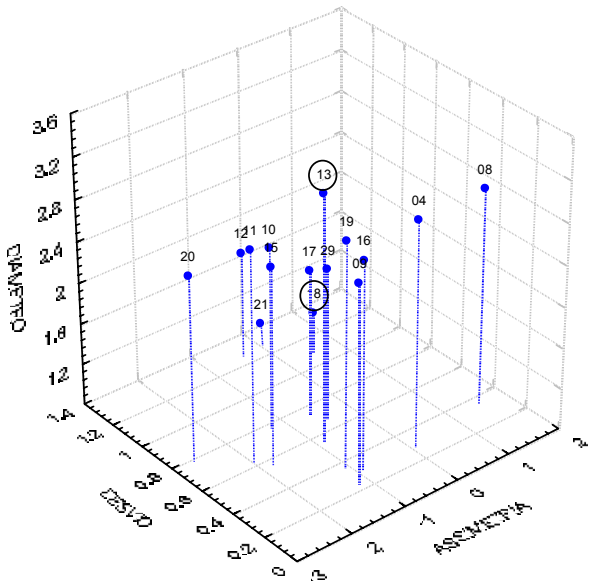


Figura 2.7: Correlação entre as variáveis Assimetria, Diâmetro Médio e Desvio Padrão das amostras dos terraços marinhos e das planícies e terraços fluviais. As amostras fluviais estão marcadas com um círculo.

A fração fina dos sedimentos considerados como de origem fluvial apresentam cor cinza semelhante à dos sedimentos fluviais atuais próximos. Neste caso a fração foi interpretada como de origem singenética e considerada nos cálculos dos parâmetros estatísticos.

Uma vez identificada esta diferença no campo a delimitação destas unidades no mapa foi realizada com o auxilio da fotointerpretação a partir de sutis diferenças na morfologia.

A maioria dos afloramentos de terraços marinhos apresentam-se bastante intemperizados, principalmente os terraços mais internos, dificultando a observação das estruturas. Nos terraços internos foi observada estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano-paralela, associada a sedimentos arenosos finos a muito finos enriquecidos por matéria orgânica epigenética, também foram observados tubos *Ophiomorpha* atribuídos a *Callichirus major.*

Nos terraços mais externos foram observadas estratificação cruzada de baixo ângulo, com laminação plano-paralela, estratificação cruzada tabular, tangencial, sigmoidal e truncada por onda, tubos de *Callichirus major* e bioturbações não figurativas.

No Ponto 30 (Figura 2.5) foi descrito um terraço com altura em torno de 3,0 m acima do nível d'água, constituído, do topo para a base, por um pacote de 0,5 m de areia fina esbranquiçada e sem estrutura, de 0,5 até 1,0 m por um pacote de areia amarelada com enriquecimento epigenético de matéria orgânica, com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela, intercalada a dois *sets* de cruzadas tangenciais de aproximadamente 0,20 m de espessura cada. Abaixo deste pacote foi observado uma *set* de cruzadas tabulares de grande porte truncada no topo com espessura em torno de 1,0 m e direção N40E, mergulhando para oeste entre 25 e 31º. Abaixo deste *set* o afloramento estava encoberto até o nível d'água. A granulometria variou de areia grossa até grânulos, com areia fina nas cruzadas (Foto 2.5).



Foto 2.5: Terraço com estratificação cruzada de baixo ângulo intercalada a cruzadas tangenciais (B), e cruzadas tabulares de grande porte (C) na base Ponto 30.

Na margem do Rio Saí-Mirim foram descritos quatro perfis (Pontos 26, 27, 28 e 29 Figura 2.5) nos terraços externos.

O perfil 26 foi levantado num corte perpendicular a linha de costa atual, corresponde a um afloramento de aproximadamente 2 m de altura acima do nível d'água constituído por areia fina e muito fina, sendo os primeiros 0,20 m do topo constituído por areia branca sem estrutura, de 0,20 a 2,0 m por areia castanha amarelada com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano-paralela sub-horizontal, com direção aproximadamente paralela a linha de costa atual (N10W a N05E) mergulhando para o mar entre 3 e 4º. A base do afloramento, desde 1,70 m até abaixo do nível da água, é constituída por areia castanha com enriquecimento epigenético de matéria orgânica e tubos *Ophiomorpha* atribuídos a *Callichirus major* (Figura 2.8, Foto 2.6).

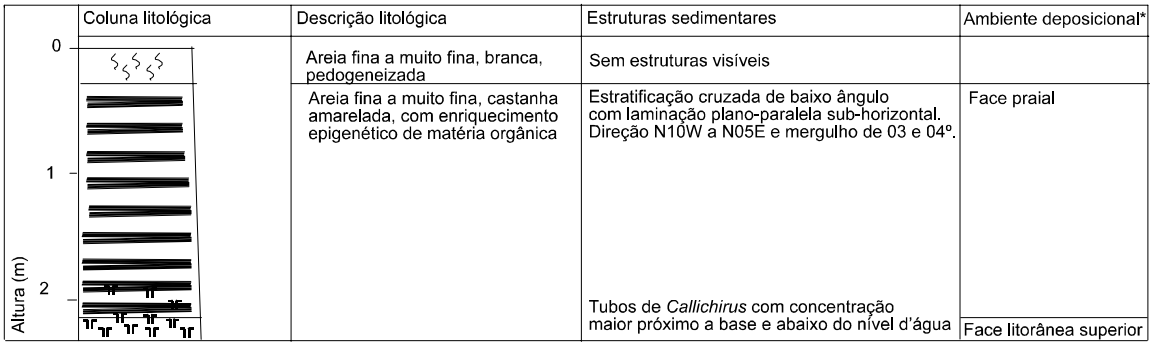


Figura 2.8: Perfil 26 – Margem do Saí Mirim



Foto 2.6: Afloramento do terraço marinho externo (perfil 26) onde se observa estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela mergulhando em direção a praia atual (seta).

O afloramento do perfil 27 é um pacote arenoso de 1,85 m de altura acima do nível d'água, do topo para a base é constituído por areia fina muito fina esbranquiçada, sem estrutura no primeiros 0,35 m, de 0,35 m até 1,20 m por areia fina muito fina amarelada com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano-paralela, de 1,20 até 1,60 por um pacote de areia fina a média castanha amarelada com estratificação cruzada tangencial na base de pequeno e grande porte com espessuras dos *sets* variando entre 0,05 e 0,20 m, com direções entre N35W e N65E mergulhando para oeste entre 24 e 27º. Abaixo deste pacote ocorre um *set* com laminação plano-paralela de aproximadamente 0,15 m seguido por um *set*

de cruzadas tangencial na base com espessura em torno de 0,10 m e um *set* com estratificação cruzada truncada por onda de 0,05 m de espessura e comprimento de onda de 0,20 m. Neste último *set* a areia varia entre média a grossa (Figura 2.9, Foto 2.7).

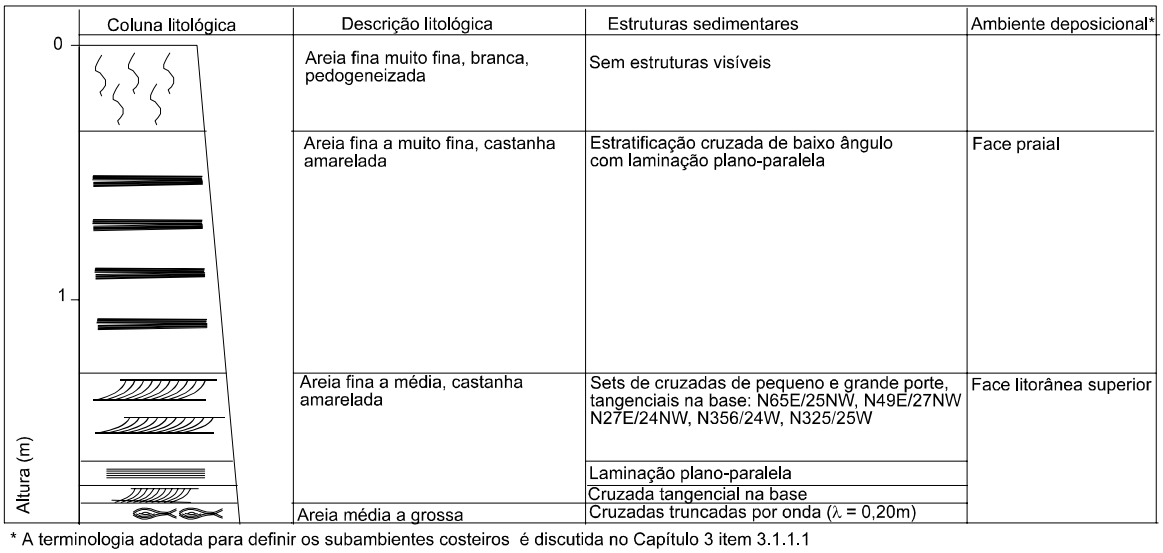


Figura 2.9: Perfil 27 – Margem do Saí Mirim



Foto 2.7: Vista geral do afloramento do perfil 27. A esquerda detalhe do nível de cruzadas truncadas por onda.

O perfil 28 corresponde a um pacote arenoso com 3,50 m de altura acima do nível d'água, composto por areia fina a muito fina esbranquiçada e sem estrutura até cerca de 1,5 m, entre 1,5 e 3,5 m o afloramento é composto por um *set* de cruzadas de grande porte

tangenciais, com intercalação de níveis de areia fina e média castanha amarelada e direção N30E mergulhando 15º para oeste, truncando um pacote de areia fina com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano-paralela subhorizontal, próximo a base, acima de um pacote de plano-paralela, observa-se um *set* de cruzadas sigmoídes com aproximadamente 0,10 m de espessura constituído por areia fina a média (Figura 2.10).

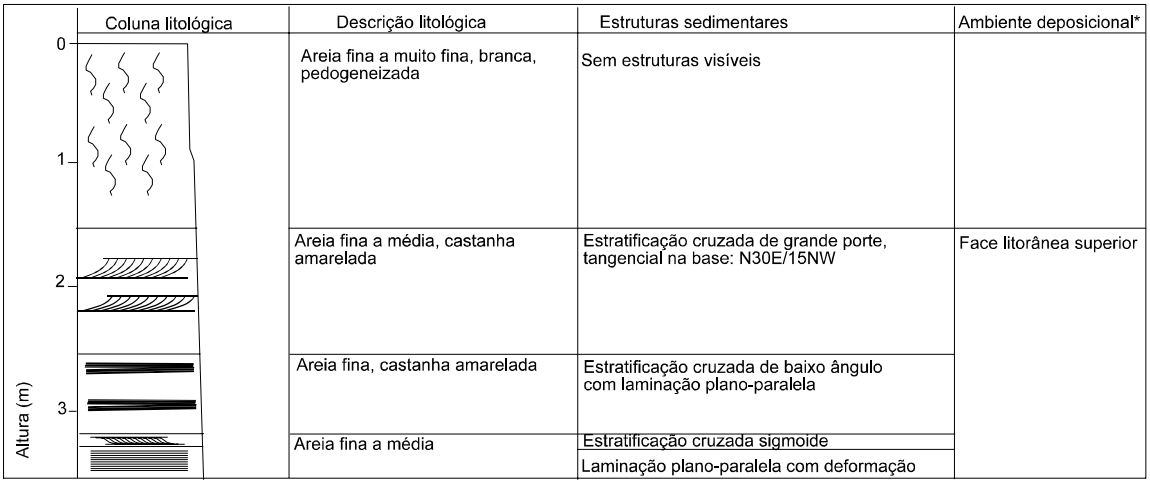


Figura 2.10: Perfil 28 – Margem do Saí Mirim

O afloramento do perfil 29 corresponde a um terraço com cerca de 4,5 m de altura acima do nível d'água. Do topo para a base o perfil é constituído por areia fina muito fina, esbranquiçada e sem estrutura até 1,5 m, areia fina amarelada com enriquecimento epigenético de matéria orgânica, com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano-paralela subhorizontal de 1,5 até 3,3 m. De 3,3 até 3,7 m o afloramento é composto por um pacote de cruzadas tangenciais na base e truncadas no topo, com *sets* de aproximadamente 0,15 m de espessura com intercalação de níveis de areia fina e grossa, e direções entre N70W e N85E mergulhando 25º para oeste e 27 e 29º para leste. Abaixo deste, por um pacote de areia fina com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano-paralela subhorizontal. Neste afloramento também foram encontrados tubos *Ophiomorpha* atribuídos a *Callichirus major*, desde 3,60 m até abaixo do nível d'água, sendo mais abundantes a partir de 4,0 m e na parte submersa. O diâmetro dos tubos variam de 0,15 até 0,20 m (Figura 2.11).

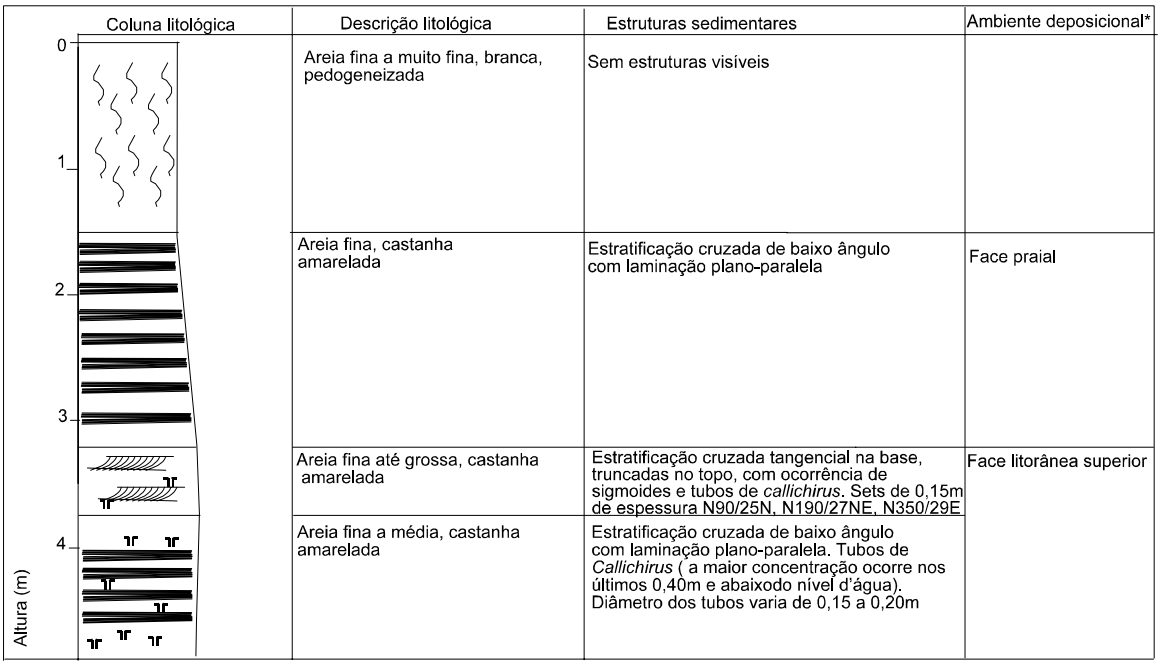


Figura 2.11: Perfil 29 – Margem do Saí Mirim

As principais fácies interpretadas nestes terraços foram de areias com estratificação cruzada tangencial de pequeno e grande porte, interpretadas como dunas subaquosas em ambiente de face litorânea superior (*nearshore*) e areias com estratificação cruzada de baixo ângulo e laminação plano-paralela subhorizontal de ambiente de face praial (*beach face*)[*]. Em ambas as fácies foram identificados tubos atribuídos a *Callichirus sp*. que reforçam a interpretação dos ambientes descritos.

2.3.1.2.2 Dunas frontais

Os depósitos eólicos não apresentam grandes expressões na região. No geral ocorrem em forma de dunas frontais (*foredunes*) e dunas dômicas. A altura das dunas frontais não superam dois metros, e são mais desenvolvidas na porção norte da área (Mapa - Anexo I).

A dunas dômicas ocorrem associadas à desembocadura do Rio Saí-Mirim, na sua margem norte. Apresentam alturas entre 0,8 e 1,0 m, parcialmente vegetadas por *Ipomea* e

[*] A terminologia adotada para definir os subambientes costeiros é discutida no Capítulo 3 item 3.1.1.1.

Sporobolus (Foto 2.8). Em marés muito altas (sizígia) a água penetra pelas partes mais baixas entre as dunas deixando-as parcialmente afogadas (Foto 2.9)



Foto 2.8: Dunas dômicas associadas à desembocadura do Rio Saí-Mirim, parcialmente vegetadas por *Ipomea* e *Sporobolus*



Foto 2.9: Dunas dômicas parcialmente afogadas. Margem esquerda do Rio Saí-Mirim

Os cordões de dunas frontais são pequenos, com alturas entre 0,5 e 2,0 m, e no geral apresentam-se erodidos na sua face voltada para o mar (Foto 2.10). Em alguns trechos da costa pode-se observar a existência de dois cordões, sendo que na margem norte do Rio Saí-Mirim, entre às desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu, os cordões mais internos apresentam-se melhor desenvolvidos com altura em torno de 2,0 m e recobertos por vegetação do tipo arbustiva (Foto 2.11).



Foto 2.10: Cordão de dunas frontais erodido por evento de tempestade



Foto 2.11: Cordões de dunas frontais entre às desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu. A) cordão externo, B) cordão interno.

A análise de amostras coletadas na base das dunas frontais, ao longo da praia, evidenciou o predomínio de sedimentos arenosos fino, média do diâmetro médio das amostras 2,59 ϕ, bem selecionados, desvio padrão médio 0,41, assimetria negativa, média da assimetria –0,26, e curva extremamente leptocúrtica, curtose média 5,03 (Tabela II.4 – Anexo II).

Os teores médios destas amostras foram 81,08% de areia fina, 10,44% de areia muito fina e 8,15% de areia média. Os teores de areia grossa e muito grossa (0,21%), encontrados na análise correspondem a fragmentos biodetriticos.

2.3.1.2.3 Praias

As praias de Itapoá estende-se por cerca de 32 km, desde a desembocadura do Rio Saí-Guaçu, ao norte, até a Baía de São Francisco, ao sul. A costa apresenta uma forma retilínea com orientação N-S até Figueira do Pontal, onde sofre uma inflexão para o interior da baía, mudando a orientação para NE-SW.

A continuidade das praias é interrompida pela desembocadura do Rio Saí-Mirim, na porção norte, e por três pontais rochosos, no trecho conhecido como Itapema do Norte, ocasionando uma pequena inflexão na orientação para NNW-SSE a partir deste ponto. Entre

estes pontais formam-se duas pequenas praias em forma de arco com cerca de 200 m de extensão cada uma.

As praias são constituídas por areia fina, média do diâmetro médio 2,43 ϕ, bem selecionadas, desvio padrão médio 0,46 e com assimetria muito negativa, média da assimetria -0,42 (Tabelas II.5 e II.6 – Anexo II). São praias estreitas não ultrapassando os 100 m de largura e com inclinação em torno de 2,5º. Na parte sul, próximo e dentro da baía a inclinação da praia alcança 6,51º, associada com um aumento da granulometria. Os aspectos morfodinâmicos das praias serão discutidos no Capítulo 03.

2.3.1.3 Depósitos estuarinos

2.3.1.3.1 Planícies paleoestuarinas

As planícies paleoestuarinas recobrem uma extensa área, desde o sul até o norte da região de estudo. São superfícies planas com altitudes entre 0,5 e 5 m, decrescendo em direção ao mar. Próximo ao contato destas planícies com os depósitos continentais e as rochas do embasamento, observa-se frequentemente a ocorrência de blocos e matacões dispersos sobre a planície (Foto 2.12).



Foto 2.12: Vista geral da planície paleoestuarina, onde se observa matacões dispersos.

Os resultados das análises granulométricas de sete amostras evidenciaram composição arenosa, com predomínio de areia muito fina, média do diâmetro médio 3,65 ϕ, sendo que os teores médios foram de 44,11 % de areia muito fina, 30,56 % de areia fina, 5,70 % de areia média, 1,54 % de areia grossa e 18,05 % de silte e argila. São sedimentos mal selecionados, desvio padrão médio 1,28, assimetria muito positiva, assimetria média 1,47, e curva extremamente leptorcúrtica, curtose média 9,0 (Tabela II.7 – Anexo II)

Junto aos sedimentos paleoestuarinos, no Ponto 01 (Figura 2.5), foi encontrado um banco de molusco com diversas espécies de bivalves e gastrópodes, sendo que dentre os bilvalves a espécie dominante foi a *Anomalocardia brasiliana*. As conchas, no geral, apresentavam-se inteiras e com as duas valvas, não evidenciando sinais de transporte. Na análise microscópica da amostra realizada pela Profª. Drª. Inês Azevedo (Departamento de Geologia, UFPR) foram descritos fragmentos e espécies inteiras de espículas monoaxônicas, gastrópodes, bivalves e ostracodes. Alguns dos fragmentos de conchas apresentavam-se arredondados e com columelas isoladas. Algumas espécies de gastrópodes e bilvalves apresentavam-se corroídos e com sinais de predação.

A datação das conchas de *Anomalocardia brasiliana* forneceu idade de 5510 ± 70 anos antes do presente (A.P.) (CENA-276).

As estruturas sedimentares encontradas nos sedimentos paleoestuarinos foram a estratificação ondulada (*wavy*) e lenticular (*linsen*). Também foram observados sedimentos com detritos vegetais e bioturbações (Foto 2.13). Em um afloramento, na margem esquerda do Rio Saí-Mirim (Ponto 03 – Figura 2.5), foi descrito um pacote arenoso de aproximadamente 0,5 m de espessura, com estratificação cruzada tabular de grande porte, com mergulho aparente de 10º para leste, interpretado como barra de maré em ambiente de desembocadura (Foto 2.14).



Foto 2.13: Sedimentos paleoestuarinos com detritos vegetais e bioturbações na margem do Rio Saí-Mirim.

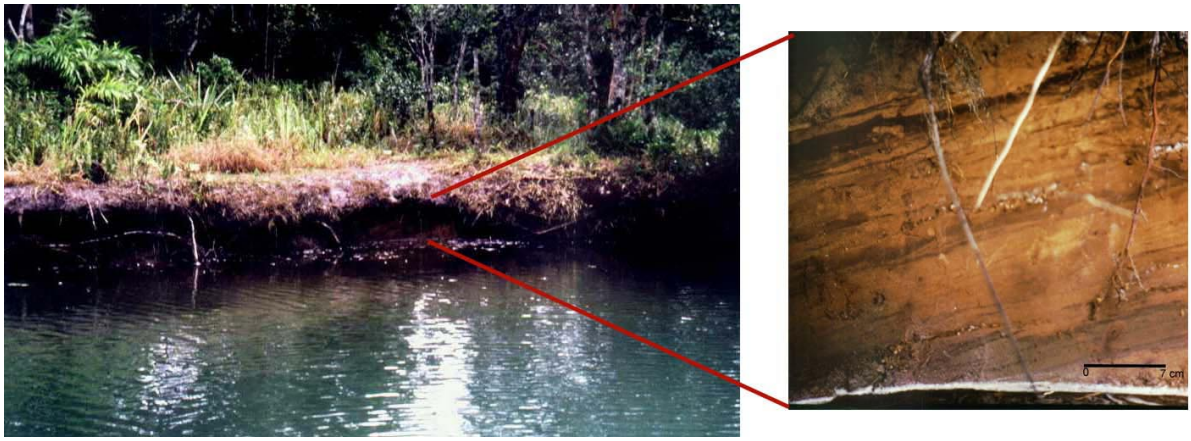


Foto 2.14: Vista geral do pacote arenoso com estratificação cruzada tabular de grande porte, na margem esquerda do Rio Saí-Mirim. A direita detalhe da estrutura.

Na parte mais interna do Rio Saí-Mirim (Ponto 04 – Figura 2.5) os sedimentos paleoestuarinos ocorrem sobrepostos a sedimentos dos terraços marinhos internos (mais antigos) (Foto 2.15). A datação de fragmento de madeira proveniente dos sedimentos paleoestuarinos forneceu idade de 6480 ± 90 anos A.P. (CENA 275).

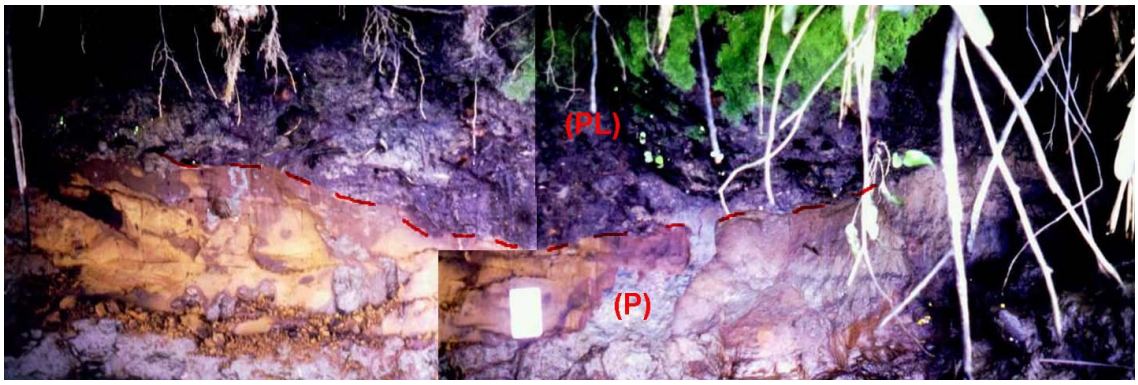


Foto 2.15: Sedimentos paleoestuarinos (PL) sobrepostos a sedimentos do terraço marinho (P). A datação de fragmento de madeira associado aos sedimentos paleoestuarinos forneceu idade de 6480 ± 90 anos A.P. (CENA 275).

2.3.1.3.2 Manguezais

Os depósitos de mangues ocorrem na parte norte da área associados às desembocaduras dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim, e na parte sul, associados aos pequenos córregos que drenam para a Baía de São Francisco ou de Babitonga. São depósitos compostos por sedimentos argilo-arenosos ricos em matéria orgânica e com detritos vegetais.

2.3.2 PALEONÍVEIS MARINHOS

Com base em datações radiocarbônicas, principalmente de sambaquis e evidências sedimentológicas Martin *et al*. (1988) reconheceram três níveis marinhos altos no litoral de Santa Catarina: nível marinho alto holocênico (7.000 anos A.P.); nível marinho alto pleistocênico de 120.000 anos A.P. e anterior a 120.000 anos A.P., sendo este último com base num terraço arenoso, descrito por Bigarella (1975) localizado em Itapema, cujo o topo está situado 13,9 m acima do nível de maré alta atual. No Holoceno os autores interpretam três níveis altos um há cerca de 5.100 anos A.P. de 3,5 ± 0,5 m acima do atual, outro há 3.600 anos A.P. com cerca de 2,5 ± 0,5 m e um terceiro há 2.500 anos A.P. com 2,0 ± 0,5 m.

Para o litoral norte de Santa Catarina foram encontradas referências a três datações radiocarbônicas, indicando paleoníveis marinhos superiores ao atual, com alturas estimadas entre >0 m e 3,05 ± 0,50 m (Angulo 1989, Martin *et al*. 1988) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Datações radiocarbônicas do litoral norte de Santa Catarina

Local	Latitude (sul)	Longitude (oeste)	Idade (anos A.P.)	$\delta^{1}C^{13}$ (‰)	Paleonível (m)	Ref. de Lab. Nº	Material	Fonte
São Francisco. do Sul	26° 13' 42"	48° 29' 53"	4015 ± 90	1,4	+ 3.05 ± 0.50	GX-14060	Vermetídeos	Angulo 1989
São Francisco do Sul	26º10'36"	48º37'06"	6080 ± 250	-7,28	> 0	Bah. 1280	Conchas	Martin *et al.* 1988
Saí-Guaçu	25º58'00"	48º38'30"	5820 ± 220	0,06	> 0	Bah-1279	Conchas	Martin *et al.* 1988

Durante os trabalhos de campo foram coletadas seis amostras para datação ao ^{14}C, três de tubos de vermetídeos e duas de madeira e uma de conchas de *Anomalocardia brasiliana* (Pontos 01b, 04a, 24a,b,c e 25 – Figura 2.5). Os resultados das datações estão apresentados na tabela 2.2.

Tabela 2.2: Resultados das datações ao ^{14}C das amostras coletadas no Município de Itapoá

Local	Latitude (sul)	Longitude (oeste)	Idade (anos A.P.)	$\delta^{1}C^{13}$ (‰)	Paleonível (m)	Ref. de Lab. Nº	Material
Itapema do Norte – Ponta do Areião	26º04'24"	48º36'12"	2130 ± 60	-3,73	0,17 ± 1,0	CENA-204	Tubos de vermetídeos
Itapema do Norte – Ponta do Areião	26º04'24"	48º36'12"	3530 ± 70	0,93	2,09 ± 1,0	CENA-206	Tubos de vermetídeos
Itapema do Norte – Ponta do Areião	26º04'24"	48º36'12"	4200 ± 70	1,05	2,49 ± 1,0	CENA-205	Tubos de vermetídeos
Itapema do Norte - Vila dos Pescadores	26º03'40"	48º36'39"	Moderna (posterior a 1950)	-25,90	≤ 0	CENA-585	Madeira
Saí-Mirim	26º00'37"	48º37'22"	6480 ± 90	-30,18	>0	CENA-275	Madeira
Figueira do Pontal	26º10'37"	48º37'10"	5510 ± 70	-0,68	> 1,50	CENA-276	Conchas de *Anomalocardia brasiliana*

Os tubos de vermetídeos, pertencentes a espécie *Pentaloconchus Macrophragma varians* (identificação Prof. Dr. Rodolfo J. Angulo, Departamento de Geologia UFPR), foram coletados no costão da Ponta do Areião, Itapema do Norte (Pontos 24a,b,c). Neste costão rochoso foram identificados três níveis de vermetídeos fósseis. O tubos se encontravam *in situ*

sendo visíveis as superfícies de crescimento sobre a rocha. Os dois níveis superiores encontram-se acima da zona litorânea atual, próximos à vegetação terrestre, e apresentam uma extensão vertical de 0,58 e 0,60 m. O nível inferior tem uma extensão vertical de 0,15 m e está situado um pouco acima do nível de preamar atual.

Para identificar o paleonível marinho à época de vida dos vermetídeos foi utilizado o conceito de nível de vida equivalente conforme Laborel (1986) isto é, comparar o nível do fóssil com o nível de vida do organismo atual. Porém, como não foram encontrados os vermetídeos atuais, não existindo registros da ocorrência de recifes de *Pentaloconchus* vivos ao sul de Cabo Frio, foi necessário tomar como nível de referência outro organismo que vivesse num nível semelhante ao dos vermetídeos. Assim, foi escolhido o limite superior de maior abundância das colônias de *Phragmatopoma lapidosa*, que segundo Angulo (1992), corresponderia ao nível superior equivalente de vida dos vermetídeos (Figura 2.12).

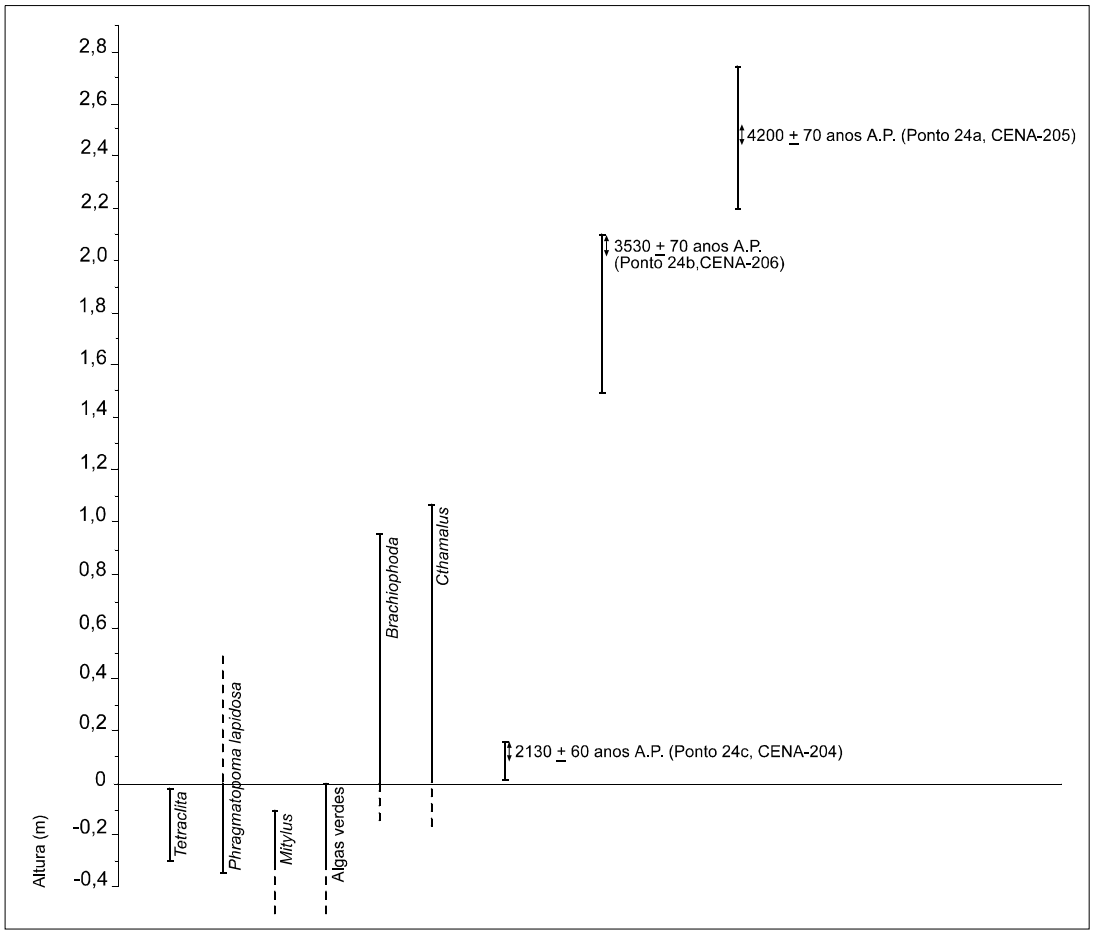


Figura 2.12: Distribuição vertical dos vermetídeos fósseis e dos organismos atuais no costão rochoso da Ponta do Areião, Itapema Norte.

Deste modo, os restos correspondentes ao nível mais alto encontravam-se entre 2,19 e 2,77 m acima do limite superior de maior abundância das colônias de *Phragmatopoma lapidosa*, o nível intermediário entre 1,49 e 2,09 m e o inferior entre 0,02 e 0,17 m acima deste nível (Figura 2.12).

Nestes três níveis foram coletadas amostras onde existia quantidades suficiente de amostra (aproximadamente 50 g) que permitisse sua datação pelo método do Carbono 14. Assim, foram tomadas amostras com extensão vertical entre 3 e 6 cm, cujos topos estavam situados a 2,49, 2,09 e 0,17 m acima do nível de referência.

Os resultados das datações destas amostras forneceram idades de: 4200 ± 70 anos A.P. e δC^{13} de + 1,05 ‰ para a amostra superior, 3530 ± 70 anos A.P. e δC^{13} de + 0,93 ‰ para a amostra intermediária e 2130 ± 60 anos A.P. e δC^{13} de - 3,73 ‰ para a amostra do nível inferior.

Laborel (1986) considera que restos de tubos de vermetídeos, em costões rochosos sob condições de moderada exposição às ondas, podem fornecer paleoníveis com precisão de ± 0,5 m. Angulo *et al.* (1998) ponderam que alguns fatores tais como, imprecisões na identificação do paleonível e mudanças nas características hidrodinâmicas da costa desde a época de vida dos vermetídeos podem ampliar este erro até ± 1,0 m.

Assim, a partir das amostras datadas podem se inferir paleoníveis de: 2,49 ± 1,0 m há 4200 ± 70 anos A.P.; 2,09 ± 1,0 m há 3530 ± 70 anos A.P. e 0,17 ± 1,0 m há 2130 ± 60 anos A.P.

A amostra de madeira coletada na praia de Itapema do Norte, na região conhecida como Vila dos Pescadores (Ponto 25), corresponde a troncos de árvores *in situ,* aflorantes na praia após a ressaca de junho de 1997 (Foto 2.16). Segundo o Prof. Robson T. Bolzon (Departamento de Geologia da UFPR, com. pessoal) estes troncos correspondem a troncos de figueiras, e teriam se desenvolvido num ambiente de água doce ou salobra. O resultado da datação forneceu idade moderna para a amostra, com atividade de Carbono 14 superior a 100 %, com um δC^{13} de – 25,90‰ (CENA-585). Este valor de atividade indica que a árvore correspondente a amostra estaria viva na décadas de 50 e 60, quando ocorreram numerosas explosões nucleares na atmosfera (Dr. Luiz C.R. Pessenda, CENA/USP, com. pessoal).



Foto 2.16: Turfas e troncos de árvores *in situ* aflorantes na face praial após um evento de tempestade em junho de 1997. Vila dos Pescadores, balneário Itapema do Norte. A) tronco da árvore correspondente a amostra datada (CENA-585).

A posição das árvores na praia atual indicaria um recuo da linha de costa de pelo menos 100 m nas últimas quatro décadas.

A amostra de madeira contida em sedimentos paleoestuarinos (Ponto 4a – Figura 2.5) foi coletada na margem do Rio Saí-Mirim acima do nível de preamar atual (Foto 2.15). O resultado da datação forneceu idade 6480 ± 90 anos A.P. e δC^{13} de – 30,18‰ (CENA-275), indicando que o nível do mar era superior ao atual.

A amostra de conchas de *Anomalocardia brasiliana* foram coletadas em sedimentos paleoestuarinos em Figueira do Pontal (Ponto 1b – Figura 2.5), acima do nível de preamar atual. O resultado da datação destas conchas forneceu uma idade de 5510 ± 70 anos A.P., com um δC^{13} de - 0,68‰ (CENA-276).

Segundo Angulo (1992) *Anomalocardia brasiliana* vive abaixo do nível de maré baixa até alguns metros de profundidade, e quando não há muito retrabalhamento das conchas por outros organismos, estes bancos servem para indicar pelo menos o nível de maré baixa da época em que viviam estes organismos. Com base nestes critérios e considerando que a

amplitude da maré na Baía de São Francisco do Sul é de 1,50 m (DHN 1997) a amostra coletada em Figueira do Pontal indicaria um paleonível > 1,50 m acima do nível atual.

2.3.3 DADOS DE SUBSUPERFÍCIE

Os dados de subsuperfície no Município de Itapoá foram obtidos através de sondagens geotécnicas.

Três sondagens de 14,5 m de profundidade, espaçadas 7 e 10 m entre si, realizadas pela empresa Solotécnica, próximas à Av. Beira Mar do balneário Itapema do Norte (Figura 2.5), mostraram um pacote de areia fina. Estas sondagens indicam que os sedimentos do terraço holocênico têm pelo menos uma espessura de 14,5 m.

Cinco sondagens à percussão, com profundidades em torno de 45 m e espaçadas de 8 a 10 m entre si (Figura 2.13), realizadas pela empresa Sondagel no balneário de Figueira do Pontal (Figura 2.5), atravessaram diversos pacotes sedimentares (Figura 2.14).

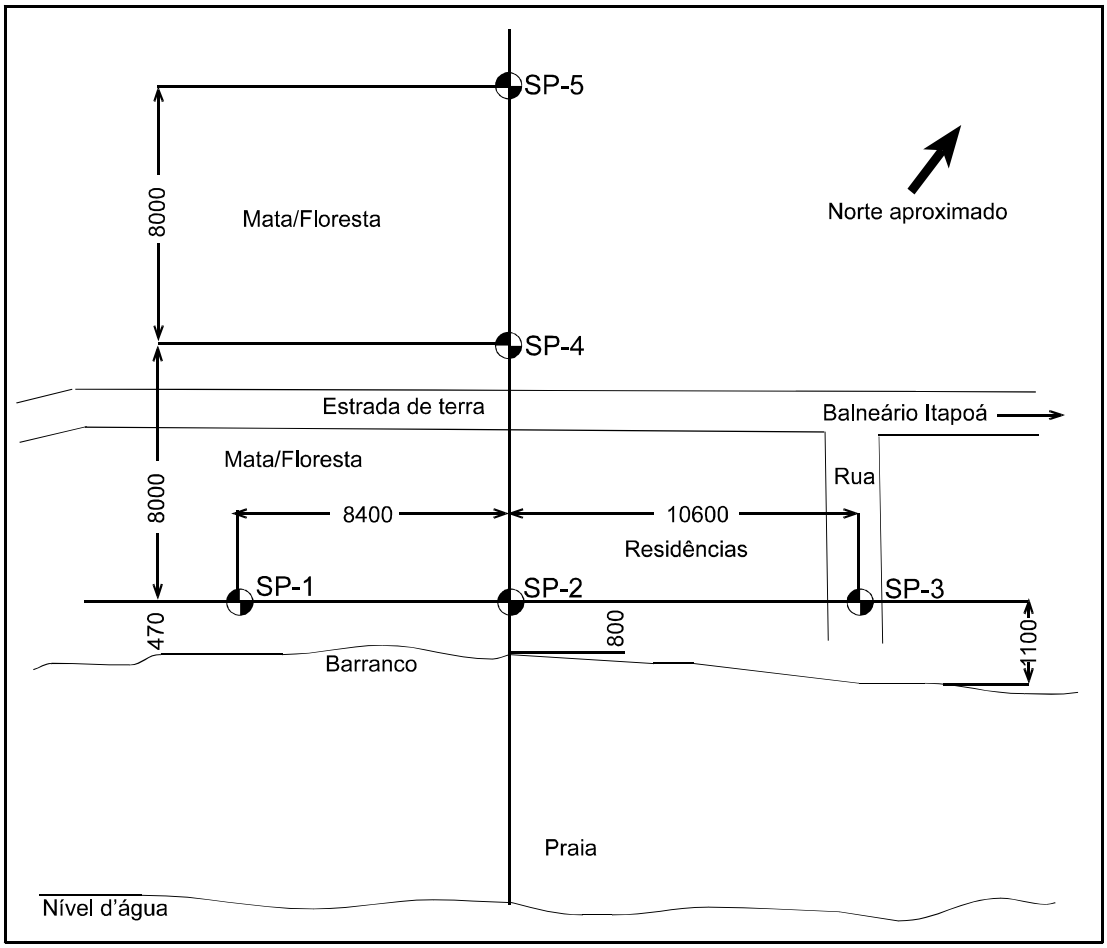
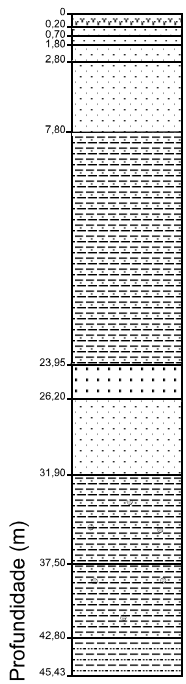


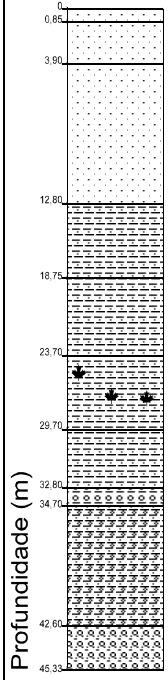
Figura 2.13: Distribuição das sondagens realizadas pela empresa Sondagel no balneário Figueira do Pontal, Itapoá.

Sondagem SP-01



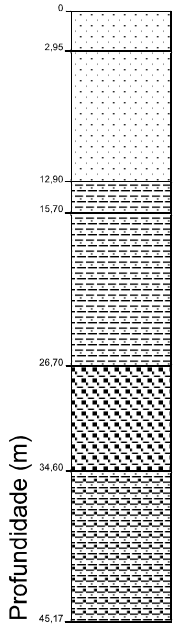
Coluna litológica	Descrição litológica
0 – 0,20	Camada vegetal
0,20 – 0,70	Areia fina, cinza clara
0,70 – 1,80	Areia fina, muito compacta, marrom avermelhada
1,80 – 2,80	Areia fina, micácea, medianamente compacta, marrom clara
2,80 – 7,80	Areia fina micácea, pouco a medianamente compacta, cinza escura
7,80 – 23,95	Argila arenosa fina, micácea, mole a média, cinza escura
23,95 – 26,20	Areia média micácea, medianamente compacta, cinza escura
26,20 – 31,90	Areia fina micácea, medianamente compacta a compacta, cinza clara
31,90 – 37,50	Argila arenosa, com partículas de caulim, dura, cinza-esverdeada
37,50 – 42,80	Argila arenosa fina, micácea, com partículas de caulim, dura, variegada (marrom-esverdeada) (Embasamento)
42,80 – 45,43	Argila siltosa, dura, cinza-esverdeada (Embasamento)

Sondagem SP-02



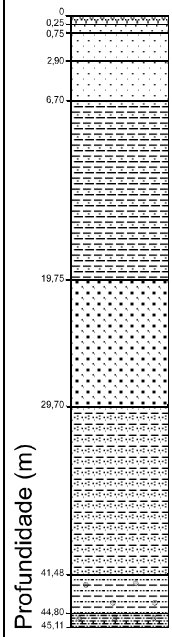
Coluna litológica	Descrição litológica
0 – 0,85	Areia fina, marrom clara
0,85 – 3,90	Areia fina, muito compacta, marrom-avermelhada escura
3,90 – 12,80	Areia fina, micácea, medianamente compacta, cinza-amarronada clara (até 8,70m) as cinza escura (até 12,80m)
12,80 – 18,75	Argila arenosa fina, micácea, de consistência média, cinza escura
18,75 – 23,70	Argila arenosa, micácea, muito mole, cinza escura
23,70 – 29,70	Argila arenosa, com detritos vegetais (pedaços de madeira), média a dura, marrom escura
29,70 – 32,80	Argila arenosa, de consistência média, marrom-amarelada clara
32,80 – 34,70	Pedregulho argiloso, pouco a medianamente compacto, de cor variegada (verde clara)
34,70 – 42,60	Argila arenosa com pedregulhos, rija a dura, cinza esverdeada, com porções oxidadas (Embasamento)
42,60 – 45,33	Areia argilosa com pedregulhos, compacta, variegada (cinza esverdeada), com porções oxidadas (Embasamento)

Sondagem SP-03



Coluna litológica	Descrição litológica
0 – 2,95	Areia fina, compacta a muito compacta, marrom-avermelhada escura
2,95 – 12,90	Areia fina, pouco micácea, pouco a medianamente compacta, cinza-amarronada clara (até 6,80m) a cinza escura (até 12,90m)
12,90 – 15,70	Argila arenosa, micácea, de consistência média, cinza escura
15,70 – 26,70	Argila arenosa fina, micácea, mole a rija, cinza escura
26,70 – 34,60	Areia média a grossa argilosa, medianamente compacta a muito compacta, cinza clara a cinza esbranquiçada
34,60 – 45,17	Argila arenosa fina a média, com níveis centimétricos de pedregulhos, pouco micácea, dura, variegada (cinza esverdeada), com porções oxidadas (Embasamento)

Sondagem SP-04



Coluna litológica	Descrição litológica
0 – 0,25	Camada vegetal
0,25 – 0,75	Areia fina, marrom clara
0,75 – 2,90	Areia fina, compacta a muito compacta, marrom-avermelhada escura
2,90 – 6,70	Areia fina, micácea, compacta a medianamente compacta, cinza clara
6,70 – 19,75	Argila arenosa, micácea, muito mole a média, cinza escura
19,75 – 29,70	Areia fina a média, micácea, medianamente compacta, cinza clara (até 27,80m) a marrom clara (até 29,70m)
29,70 – 41,48	Areia fina argilosa, micácea, medianamente compacta a compacta, marrom clara
41,48 – 44,80	Argila siltosa, com partículas de caulim, dura, verde clara (Embasamento)
44,80 – 45,11	Silte arenoso, com partículas de caulim, muito compato, marrom-amarelado (Embasamento)

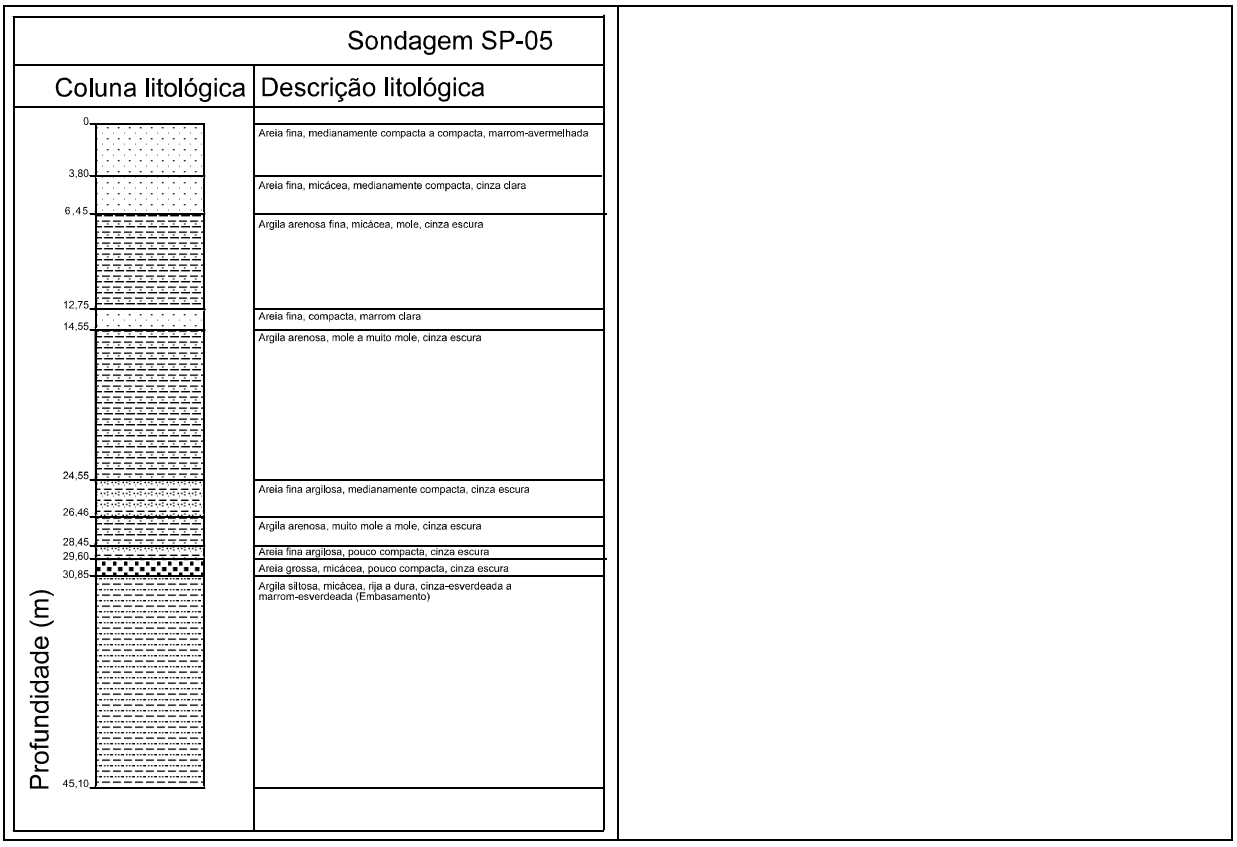


Figura 2.14: Descrição das sondagens realizadas pela empresa Sondagel, no balneário Figueira do Pontal, Itapoá.

A partir das descrições contidas nos perfis geotécnicos fornecidos pela empresa, é possível identificar e correlacionar quatro unidades sedimentares principais (Figura 2.15):

A) areia fina de origem marinha costeira correspondente aos sedimentos dos terraços holocênicos.

B) lama argilo-arenosa, cinza escura, pouco compacta provavelmente de origem paleoestuarina ou paleolagunar e idade holocênica.

C) areias finas a grossas, areias argilosas, argilas arenosas e "pedregulhos" (grânulos e pequenos seixos?), provavelmente de origem continental de ambientes fluviais, leques aluviais e colúvios do Quaternário indiferenciado.

D) areias siltosas, silte arenoso, argilas arenosas e siltosas com "pedregulhos", compactos com partículas de caulim, e cores variegadas e porções oxidadas, correspondente a rochas alteradas do embasamento.

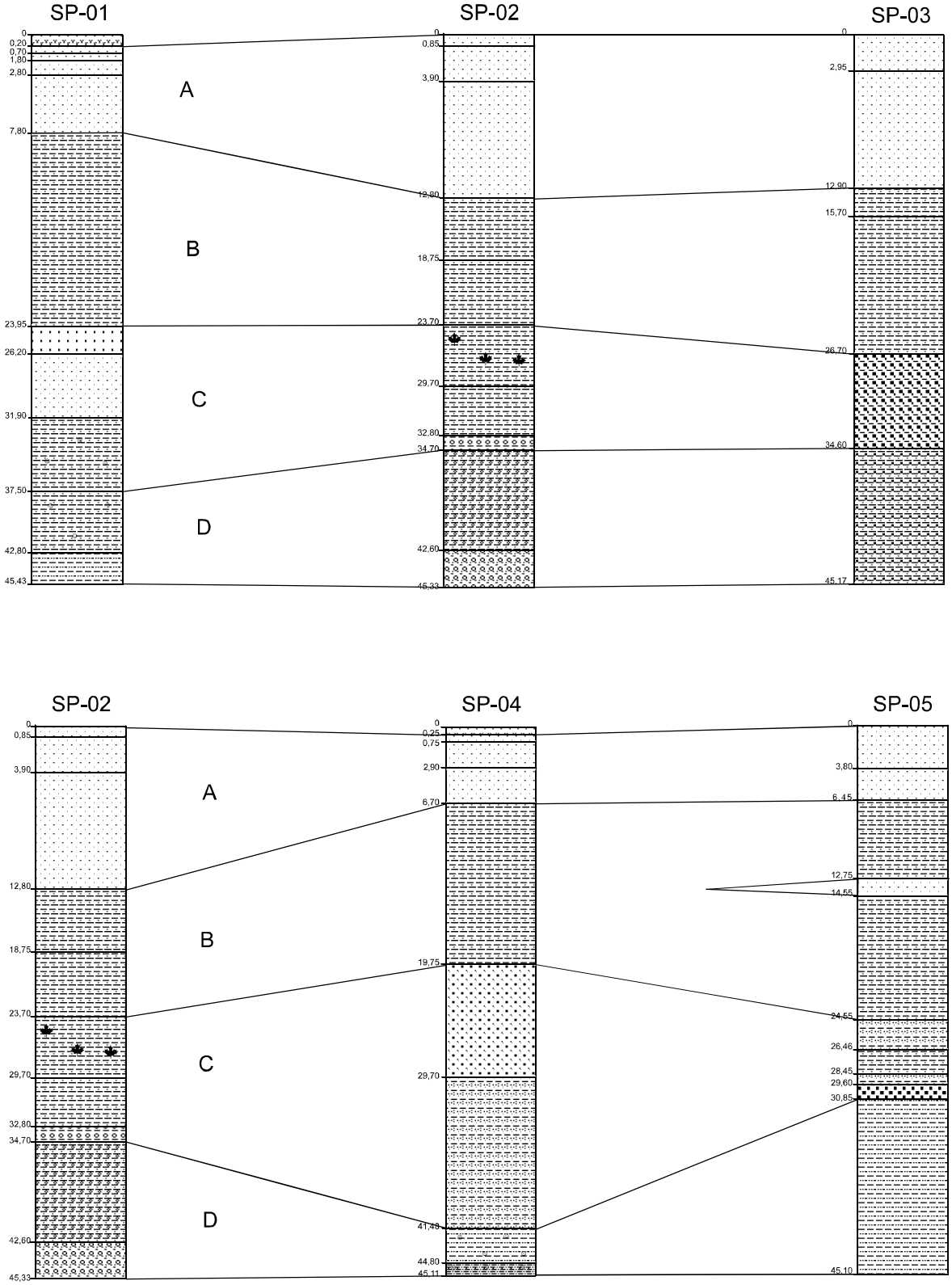


Figura 2.15: Correlação das principais unidades identificadas nas sondagens do balneário Figueira do Pontal realizadas pela empresa Sondagel.

2.4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

2.4.1 IDADE E CORRELAÇÃO DA FORMAÇÃO MINA VELHA

Os depósitos da Formação Mina Velha não guardam relação com o relevo atual, e nem se observa a morfologia do leque, sendo a área de ocorrência destes depósitos um remanescente da área original. Por outro lado, os leques do Quaternário apresentam ainda morfologia de leque e relação com o relevo atual. Isto é, observam-se claramente os vales que lhes deram origem. Assim, os depósitos da Formação Mina Velha podem ser considerados mais antigos que os leques do Quaternário indiferenciado

Esta interpretação é reforçada pelo fato da área de afloramento dos depósitos da Formação Mina Velha, estar limitada por unidades mais novas (sedimentos fluviais do Quaternário e sedimentos paleoestuarinos do Holoceno), que ocupam níveis topográficos mais baixos.

Os depósitos da formação Mina Velha teriam sido erodidos por um sistema fluvial com nível de base inferior ao atual, da mesma forma que os terraços marinhos internos (ver item 2.3.1.2.1). Posteriormente, em momentos em que o nível do mar estava mais alto que o atual teriam sido depositados os sedimentos fluviais e os paleoestuarinos.

Na bibliografia não foi encontrada nenhuma referência a estes depósitos, a única referência a ocorrência de depósitos continentais mais antigos, no litoral norte de Santa Catarina, refere-se aos depósitos localizados próximo a divisa entre os estados do Paraná e Santa Catarina, denominados de Formação Iquererim por Bigarella *et al.* (1961). Segundo estes autores os depósitos da Formação Iquererim estariam relacionados a superfícies de aplainamentos e mudanças paleoclimáticas do Pleistoceno. Martin *et al*. (1988) posicionaram os depósitos da Formação Iquererim no Plioceno e os correlacionaram aos depósitos da Formação Alexandra no Paraná, Formação Pariqüera-Açu em São Paulo e Formação Graxaim no Rio Grande do Sul, segundo eles de mesma idade. Já, Angulo (1992) posicionou a Formação Iquererim no Plio-Pleistoceno, sendo portanto mais novos que os depósitos da Formação Alexandra, a qual Lima & Angulo (1990) atribuíram uma idade entre o Mioceno Inferior e o Mioceno Médio com base na análise de palinomorfos.

As características morfológicas e relações de contato, permitem atribuir aos depósitos da Formação Mina Velha uma idade maior que os da Formação Iquererim, que ainda guardam feições deposicionais de leques aluviais e relação próxima com o relevo atual.

A sua morfologia associada as características sedimentológicas e ao ambiente deposicional inferido evidenciam características semelhantes às descritas para a Formação Alexandra por Angulo (1995). Segundo este autor os sedimentos da Formação Alexandra seriam constituídos por areias arcoseanas, lamas, cascalhos e argila, e suas fácies formadas por processos de fluxos gravitacionais do tipo fluxo de detritos (cascalhos sustentados pela matriz) e fluxo de lama (lamas e lamas arcoseanas). Com base nisto os depósitos da Formação Mina Velha foram tentativamente correlacionados à Formação Alexandra e posicionados no Mioceno Inferior.

2.4.2 IDADE E CORRELAÇÃO DOS TERRAÇOS MARINHOS

Segundo Angulo (1992) a cronologia do terraços marinhos é *sui generis*, pois se baseia em critérios que raramente são utilizados para definir outras unidades estratigráficas, tais como altitude em relação ao nível do mar, morfologia, diagênese e estruturas sedimentares.

Num estudo sobre a planície costeira do Estado do Paraná Bigarella & Becker (1975) separam os terraços marinhos em pleistocênicos e holocênicos. Suguio *et al.* (1986) baseados nos resultados de fotointerpretação e datação radiocarbônica distinguiram duas gerações de terraços arenosos na planície costeira dos estados do Paraná e de Santa Catarina, associadas a fases transgressivas do Pleistoceno (120.000 anos A.P.) e Holoceno (5.100 anos A.P.). Em trabalhos posteriores (e.g. Martin *et al.* 1988, Angulo 1992) os terraços marinhos foram divididos em duas unidades: uma do Pleistoceno Superior, correspondente ao último interglacial; e outra do Holoceno formada durante a fase regressiva, após o máximo ocorrido a aproximadamente 5.100 anos. Esta divisão não se baseia somente nas informações obtidas no litoral paranaense e catarinense, mas faz parte de um modelo de evolução geológica da costa brasileira durante o Quaternário Superior (uma síntese desse modelo é apresentada por Suguio *et al.* 1985).

Assim, com base na posição geográfica, altitudes, relação de contato com as outras unidades e modelos propostos para outros setores da costa brasileira (Suguio *et al*. 1985, Martin *et al*. 1988 e Angulo 1992) os terraços marinhos da região de Itapoá foram separados em duas unidades: terraços pleistocênicos e holocênicos.

Os terraços pleistocênicos são em geral mais altos, mais interiorizados e recortados por um sistema fluvial com nível de base inferior ao atual, que foi posteriormente afogado por

sedimentos paleolagunares durante a última transgressão pós-glacial. Os holocênicos são mais baixos, mais contínuos e apresentam frequentes alinhamentos correspondentes a antigos cordões litorâneos.

No setor norte da planície costeira o terraço holocênico está erodido na sua parte interna e não ocorre em alguns trechos entre as desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu.

A morfologia de cordões recurvados e altura dos terraços decrescente em direção norte a partir de paleo-pontais rochosos, localizados na parte central da costa, indicam que alguns setores da planície costeira holocênica evoluíram como esporões paralelos a costa que migravam de sul para norte.

Comparando-se os mapas de Martin *et al.* (1988) e Horn Filho (1997) com o apresentado neste trabalho observa-se que: 1) em nenhum dos mapas anteriores aparece a identificação dos depósitos da Formação Mina Velha; 2) a extensão dos terraços pleistocênicos é menor que a apresentada nos mapas anteriores, sobretudo ao sul do balneário de Itapoá (Figuras 2.3 e 2.4, Mapa – Anexo I).

A diferença na extensão dos terraços pleistocênicos pode estar relacionada aos critérios utilizados por Martin *et al.* (1988) e Horn Filho (1997) para identificar estes terraços. Angulo (1992) considera que Martin *et al.* (1988) provavelmente considerou como de idade pleistocênica, apenas aqueles terraços que apresentavam enriquecimento de matéria orgânica epigenética. Contudo, este não seria um critério válido, pois segundo Angulo (1992) existem terraços holocênicos com enriquecimento de matéria orgânica secundária. Outra diferença significativa é a maior extensão da planície paleoestuarina em relação aos mapas anteriores, principalmente a oeste dos terraços marinhos mais internos (Figuras 2.3 e 2.4, Mapa – Anexo I).

Um fato que reforça a interpretação da existência de terraços holocênicos com enriquecimento epigenético de matéria orgânica é que, na parte sul da área (Foto 2.5) terraços com estas características ultrapassam três metros. Se estes terraços fossem pleistocênicos implicaria que durante o Holoceno o nível do mar não teria ultrapassado os dois metros. Porém, resultados de três datações ao ^{14}C de tubos de vermetídeos indicam níveis marinhos

entre 2,09 ± 1,0 m há 3.530 ± 70 anos A.P., 3,05 ± 0,50 m há 4.015 ± 90 anos A.P. e 2,49 ± 1,0 m há 4.200 ± 70 anos A.P. (Tabelas 2.1 e 2.2).

Outras diferenças no contorno das unidades, em relação ao mapa de Martin *et al.* (1988), parecem estar associadas à escala original do mapa (1:200.000), sendo os contornos no mapa ora apresentado mais detalhados (1:50.000).

Comparando-se o contorno das unidades com o mapa de Horn Filho (1997) nota-se que, apesar da escala ser a mesma (1:50.000), os contornos das unidades de mapeamento em geral não coincidem e diversas unidades estão definidas de forma diferente, evidenciando diferentes critérios de interpretação e mapeamento.

2.4.3 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E PALEOGEOGRÁFICA

Suguio *et al.* (1985) apresentaram uma síntese do modelo evolutivo da costa brasileira, entre os estados de Alagoas e Santa Catarina. Villwock *et al.* (1986) elaboraram um modelo para a planície costeira do Rio Grande do Sul, e Suguio *et al*. (1986) para os estados do Paraná e de Santa Catarina.

Suguio & Martin (1987) apresentaram uma nova síntese do modelo evolutivo das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. O modelo, segundo os autores, seria uma combinação com pequenas adaptações dos modelos evolutivos proposto por Martin *et al.* (1983) e Suguio *et al.* (1985) para o trecho entre Macaé, Rio de Janeiro e Recife, Pernambuco e por Villwock *et al.* (1986) para o Rio Grande do Sul. Neste modelo os autores apresentam sete estágios evolutivos para a planície costeira sul e sudeste do Brasil (Figura 2.16).

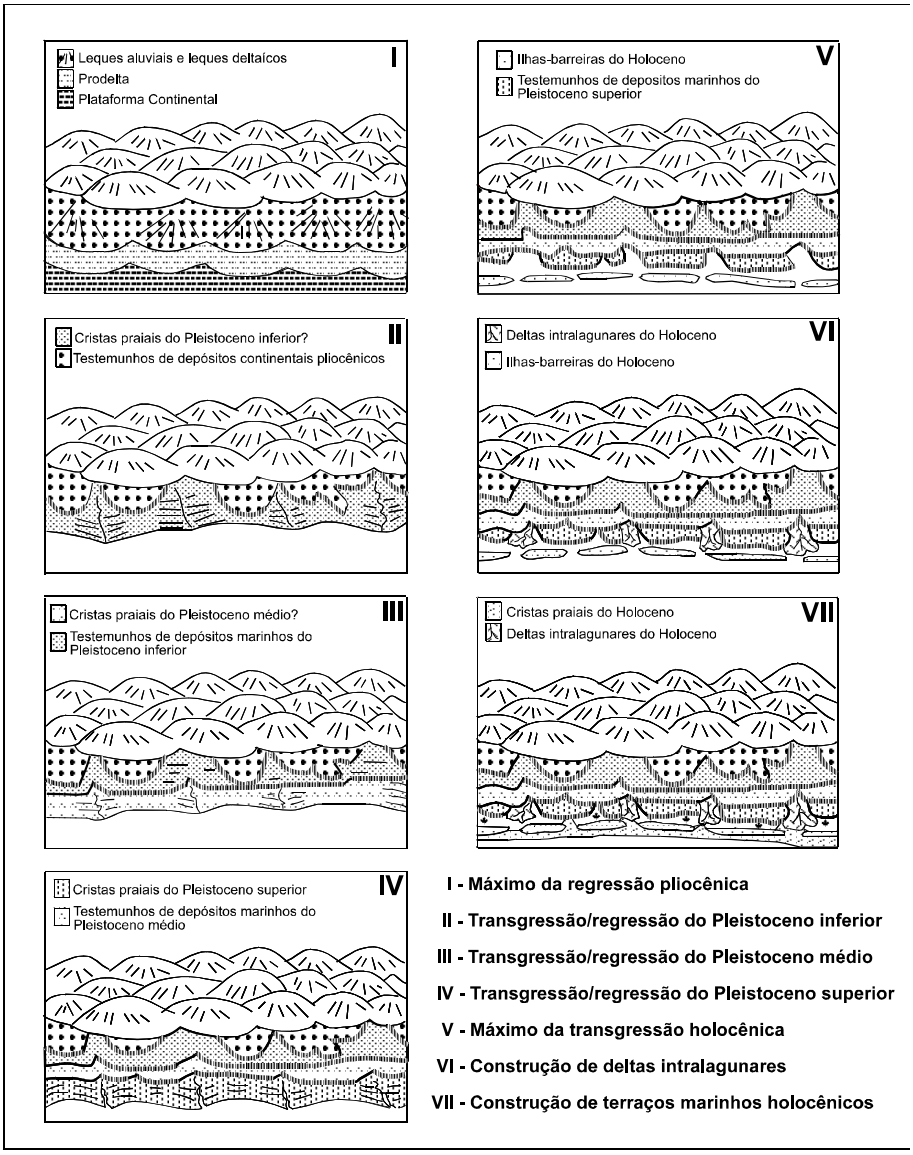


Figura 2.16: Evolução geológica das planícies litorâneas do sudeste e sul do Brasil durante o Quaternário (Suguio & Martin 1987)

Durante o Estágio I, correspondente ao máximo da regressão pliocênica, o nível do mar estaria no mínimo a 100 m abaixo do atual.

O Estágio II, transgressão e regressão do Pleistoceno inferior (?) é encontrado apenas no Rio Grande do Sul denominado de Barreira I ou Lombas.

O Estágio III corresponde a Transgressão e regressão do Pleistoceno Médio e foi responsável pela formação da ilha-barreira que separa o sistema lagunar Patos-Mirim do Oceano no Rio Grande do Sul. Nas planícies costeiras do Paraná e de Santa Catarina este estágio pode ser relacionado aos terraços arenosos e de cascalhos marinhos que situam-se cerca de 13 m acima do nível atual.

Durante o Estágio IV, transgressão e regressão do Pleistoceno Superior, o mar estaria cerca de 8 ± 2 m acima do atual. Este estágio está representando por terraços arenosos com altitudes em torno de 13 m. Datações de corais, na Bahia, e areias no Rio Grande do Sul, indicam que estes terraços teriam uma idade média de cerca de 120.000 anos A.P.

No estágio V, correspondente ao máximo da transgressão holocênica, a subida do nível do mar afogou os baixos cursos de rios transformando-os em estuários, que foram isolados por ilhas-barreira formando grandes lagunas em algumas regiões.

Durante o Estágio VI foram construídos deltas intralagunares nas lagunas formadas nas desembocaduras dos principais cursos fluviais.

O Estágio VII corresponde ao período de construção dos terraços marinhos holocênicos a partir de ilhas-barreira, durante o abaixamento do nível do mar.

Horn Filho (1997) apresentou um modelo evolutivo com sete estágios para o litoral norte do Estado de Santa Catarina:

1) Máximo da transgressão do Plioceno, quando o mar estaria acima do atual.
2) Máximo da regressão do Plioceno, que seria equivalente ao Estágio I de Suguio & Martin (1987).
3) Transgressões e regressões do Pleistoceno Inferior e Médio, que corresponderia aos Estágios II e III de Suguio & Martin (1987).
4) Máximo da transgressão do Pleistoceno Superior, equivalente a parte transgressiva do Estágio IV de Suguio & Martin (1987).
5) Máximo da regressão do Pleistoceno Superior, equivalente a parte regressiva do Estágio IV de Suguio & Martin (1987).
6) Máximo da transgressão do Holoceno, equivalente ao Estágio V de Suguio & Martin (1987).
7) Máximo da regressão no Holoceno, equivalente ao Estágio VII de Suguio & Martin (1987).

Lessa *et al.* (1999) com base no mapeamento geológico de Angulo (1992), sondagens geotécnicas, testemunhos de vibrotestemunhador, descrição de afloramentos e em datações radiocarbônicas, propuseram um modelo de evolução para a planície costeira de Paranaguá.

Segundo este modelo a formação da planície costeira teria sido a partir de ilhas-barreira transgressivas e regressivas tanto no Pleistoceno como no Holoceno (Figura 2.17).

Com base, nas alturas da barreira pleistocênica e das fácies de mar aberto das barreiras pleistocênica e holocênica, Lessa *et al.* (1999) sugerem que o nível máximo do mar no Holoceno tenha sido maior que o nível do mar associado com a última fase de progradação da barreira pleistocênica. Segundo estes autores a progradação da metade da barreira atual ocorreu nos últimos mil anos, com um nível do mar de 0,5 m acima do atual, e o desenvolvimento da barreira holocênica ocorreu tanto no sentido transversal quanto longitudinal à costa, tendo como fonte de sedimentos a erosão de outras barreiras ao sul da área.

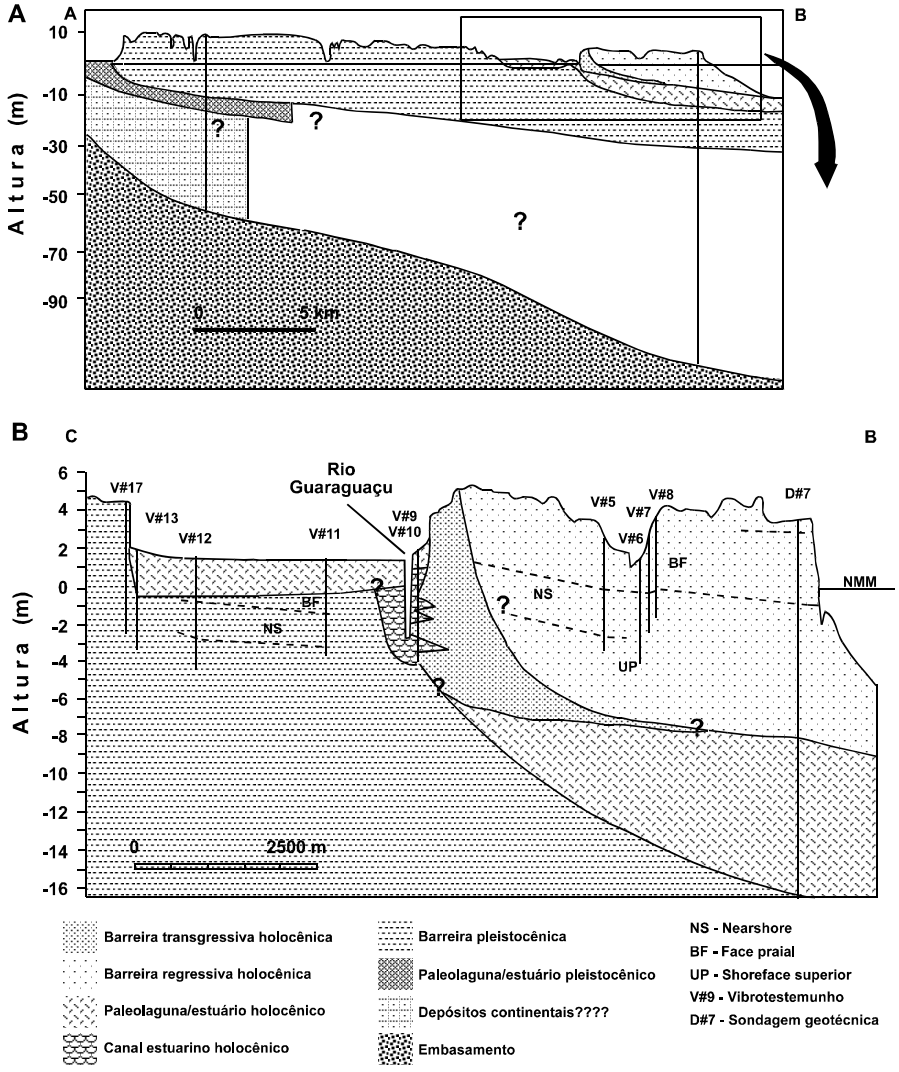


Figura 2.17: Perfil transversal à planície costeira de Paranaguá. (A) estratigrafia geral da planície; (B) detalhe da barreira holocênica (Lessa *et al.* 1999).

Com base nos modelos de evolução de Angulo (1992) e Lessa *et al.* (1999) para a região costeira do Estado do Paraná, no mapeamento da planície costeira de Itapoá, nos resultados das datações radiocarbônicas e nas descrições das sondagens geotécnicas, pode-se reconstruir alguns aspectos da evolução da região costeira de Itapoá:

1) No Terciário (Mioceno Inferior?), quando o nível do mar estava provavelmente abaixo do atual, houve a formação de leques aluviais (Formação Mina Velha) nos contrafortes da Serra do Mar e morros associados.

Este estágio poderia ser associado aos estágios I de Suguio & Martin (1987) e 2 de Horn Filho (1997), onde são incluídas as formações Barreiras no Rio de Janeiro, Pariqüera-Açu em São Paulo, Alexandra no Paraná, Iquererim, Canhanduva e Cachoeira em Santa Catarina, e Graxaim no Rio Grande do Sul. Porém, cabe lembrar que estas formações segundo Lima & Angulo (1990), Melo (1990) e Angulo (1995), abrangem idades desde o Mioceno Inferior até o Pleistoceno, e a Formação Mina Velha foi tentativamente, neste trabalho, correlacionada à Formação Alexandra (Mioceno Inferior).

Cabe mencionar que embora Horn Filho (1997) apresente uma extensa ocorrência de leques aluviais do Plioceno no Município de Itapoá (Figura 2.18), no mapa geológico apresentado por este autor, a área de ocorrência destes leques, está representada por depósitos de leques aluviais do Quaternário indiferenciado. Indicaria isto que os leques se encontram em subsuperfície? O autor não apresenta quais as evidências que o levaram a indicar a existência e a idade destes depósitos.

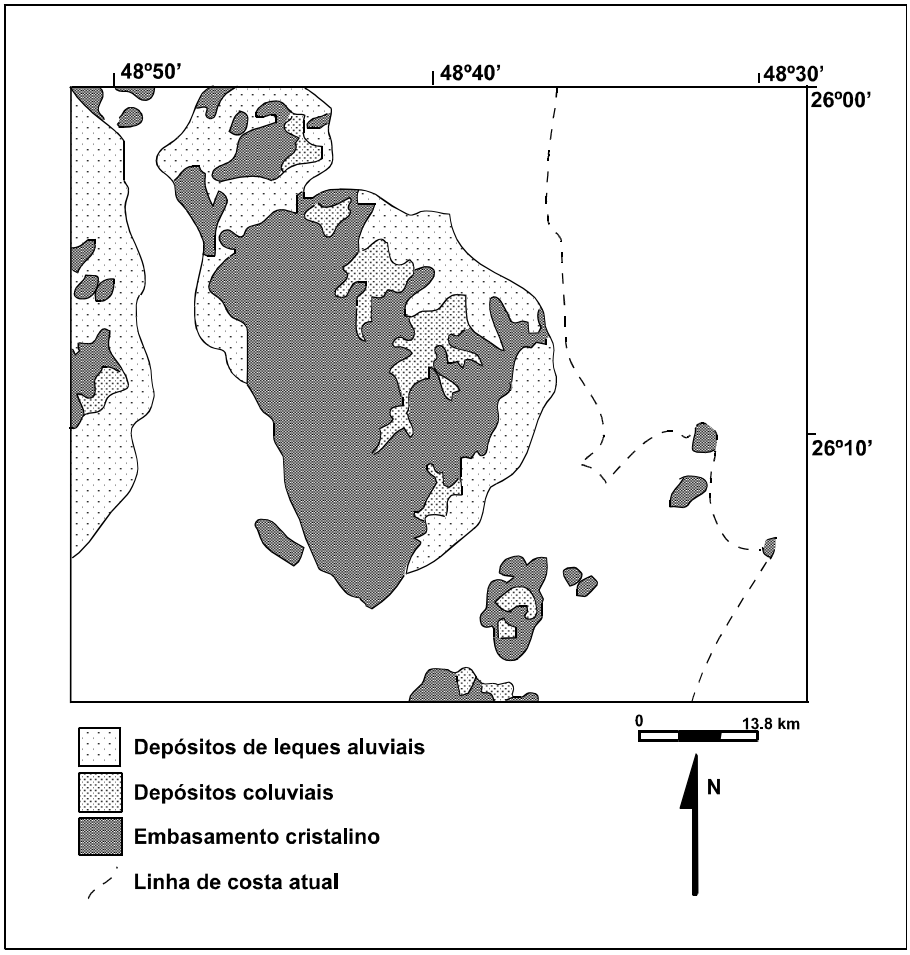


Figura 2.18: Estágio evolutivo 2 – Máximo da regressão no Plioceno (modificado de Horn Filho 1997)

Cabe mencionar que não foram encontradas na área estudada evidências do Estágio 1 de Horn Filho (1997).

2) No Pleistoceno superior, provavelmente a 120.000 anos A.P. o mar atingiu o máximo de 8 ± 2 m acima do nível atual (Martin *et al.* 1988). Os depósitos paleoestuarinos existentes entre a parte mais interna dos terraços pleistocênicos e os depósitos continentais sugerem a existência de uma ilha-barreira próximo a região de Mina Velha, com uma laguna a retaguarda (Figura 2.19). Ao sul, na área da Baía de São Francisco, os terraços pleistocênicos estão em contato com o sopé da serra, não existindo evidências de sedimentos lagunares em superfície (Figura 2.19).

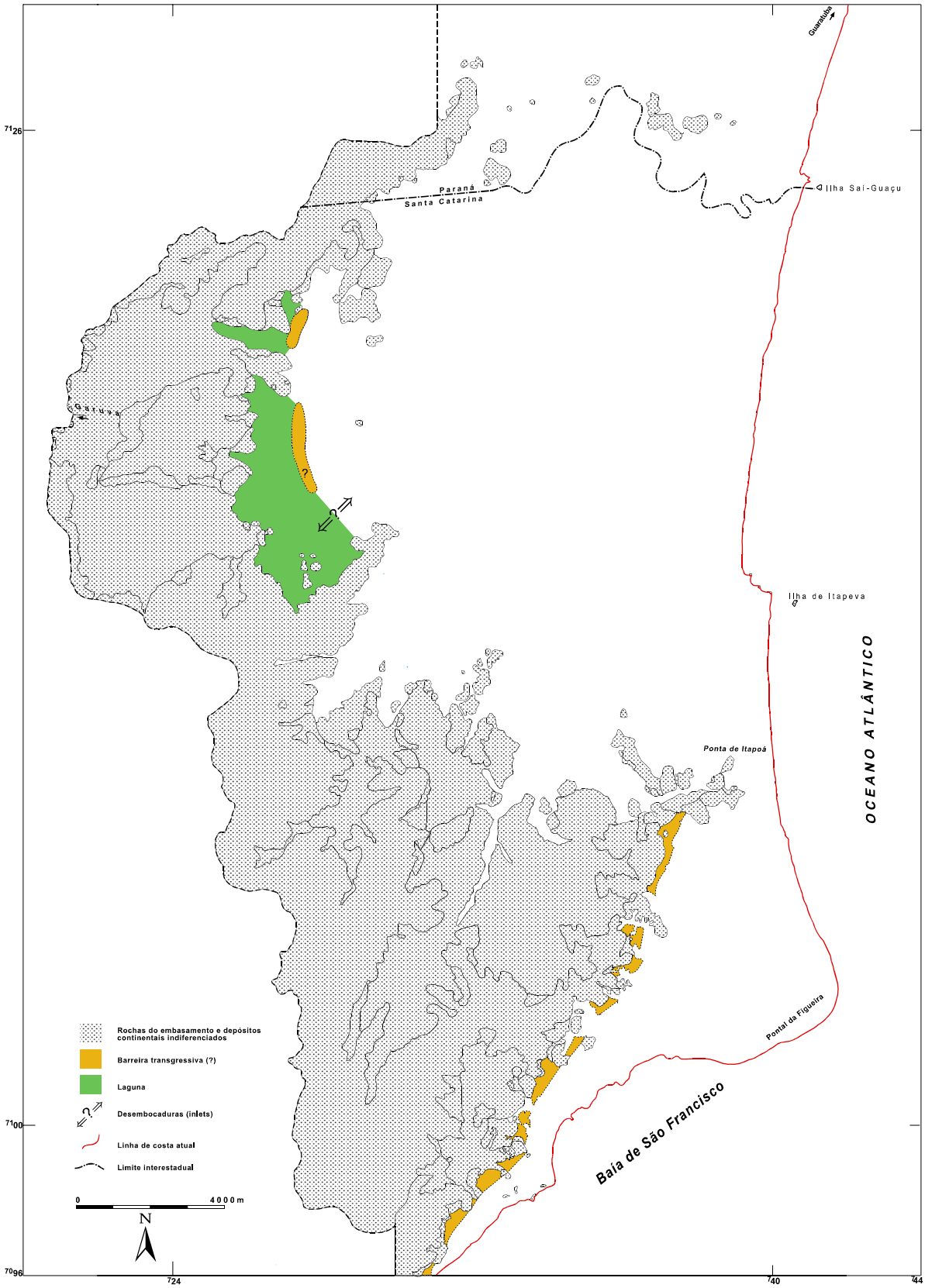


Figura 2.19: Configuração paleogeográfica da planície costeira de Itapoá durante o máximo da transgressão pleistocênica

Este estágio corresponderia a parte transgressiva do Estágio IV de Suguio & Martin (1987) e ao Estágio 4 de Horn Filho (1997).

No modelo de Horn Filho (1997), durante este estágio, teriam se desenvolvido falésias sobre os depósitos continentais, não existindo ilhas-barreira nem estuários e lagunas associados (Figura 2.20). Cabe mencionar que não foram encontradas evidências destas feições erosivas na região.

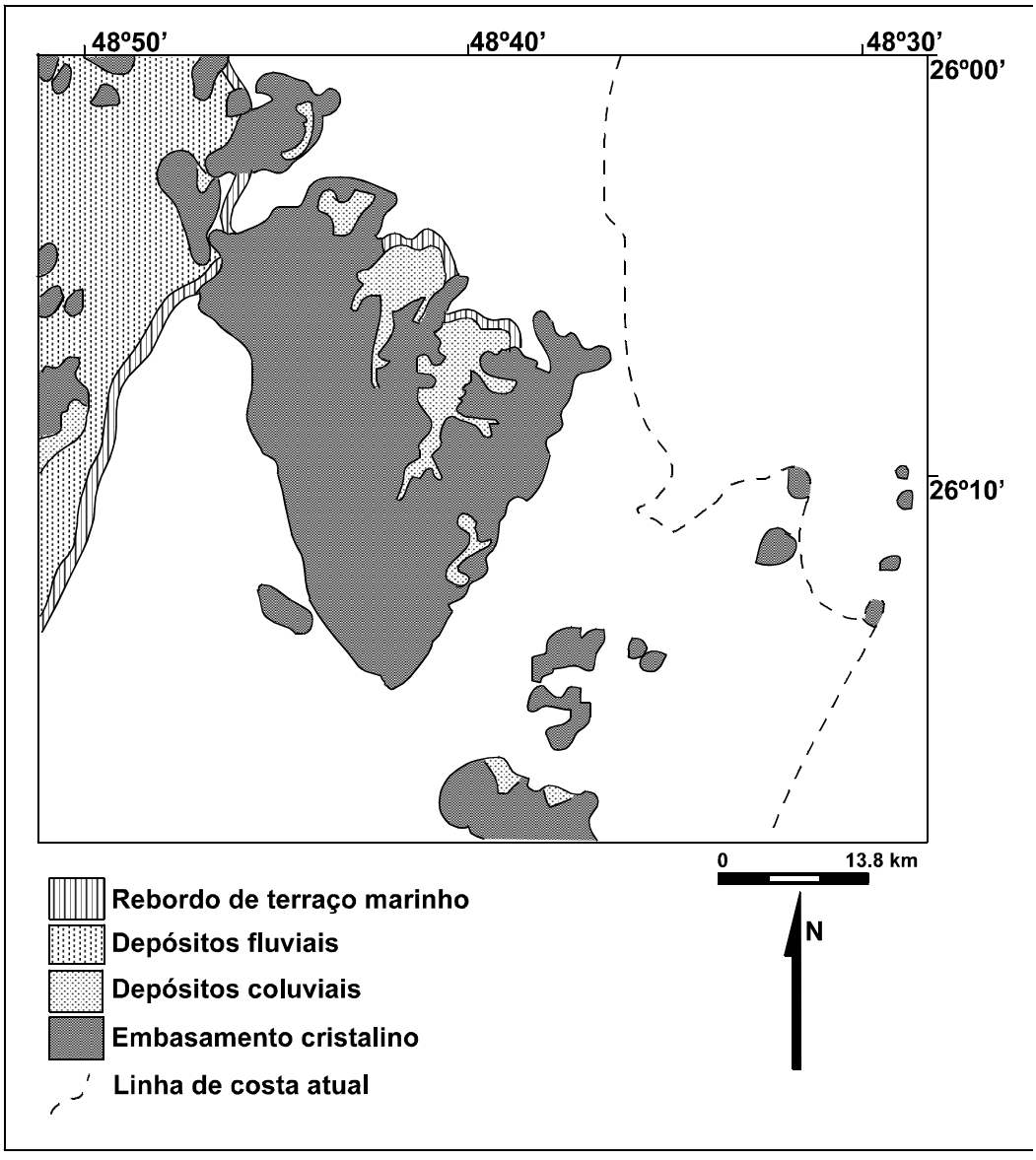


Figura 2.20: Estágio 4 – Máximo da transgressão no Pleistoceno superior (modificado de Horn Filho 1997)

Na área estudada não foram encontradas evidências aos estágios II e III de Suguio & Martin (1987) ou ao estágio 3 de Horn Filho (1997).

3) Após o máximo formaram-se extensas planícies de cordões litorâneos regressivos, que preencheram a ampla baía que existia ao norte de Itapoá. Provavelmente existiam duas desembocaduras associadas aos atuais rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim (Figura 2.21). Estes terraços estendiam-se, provavelmente, muito mais a leste da atual área de afloramento.

Durante o período de mar baixo, entre a penúltima e última transgressão estes terraços foram dissecados por um sistema fluvial de padrão retangular cujos os cursos acompanhavam as depressões intercordões ou os cortavam perpendicularmente.

Este estágio corresponderia a parte regressiva do Estágio IV de Suguio & Martin (1987) e ao Estágio 5 de Horn Filho (1997).

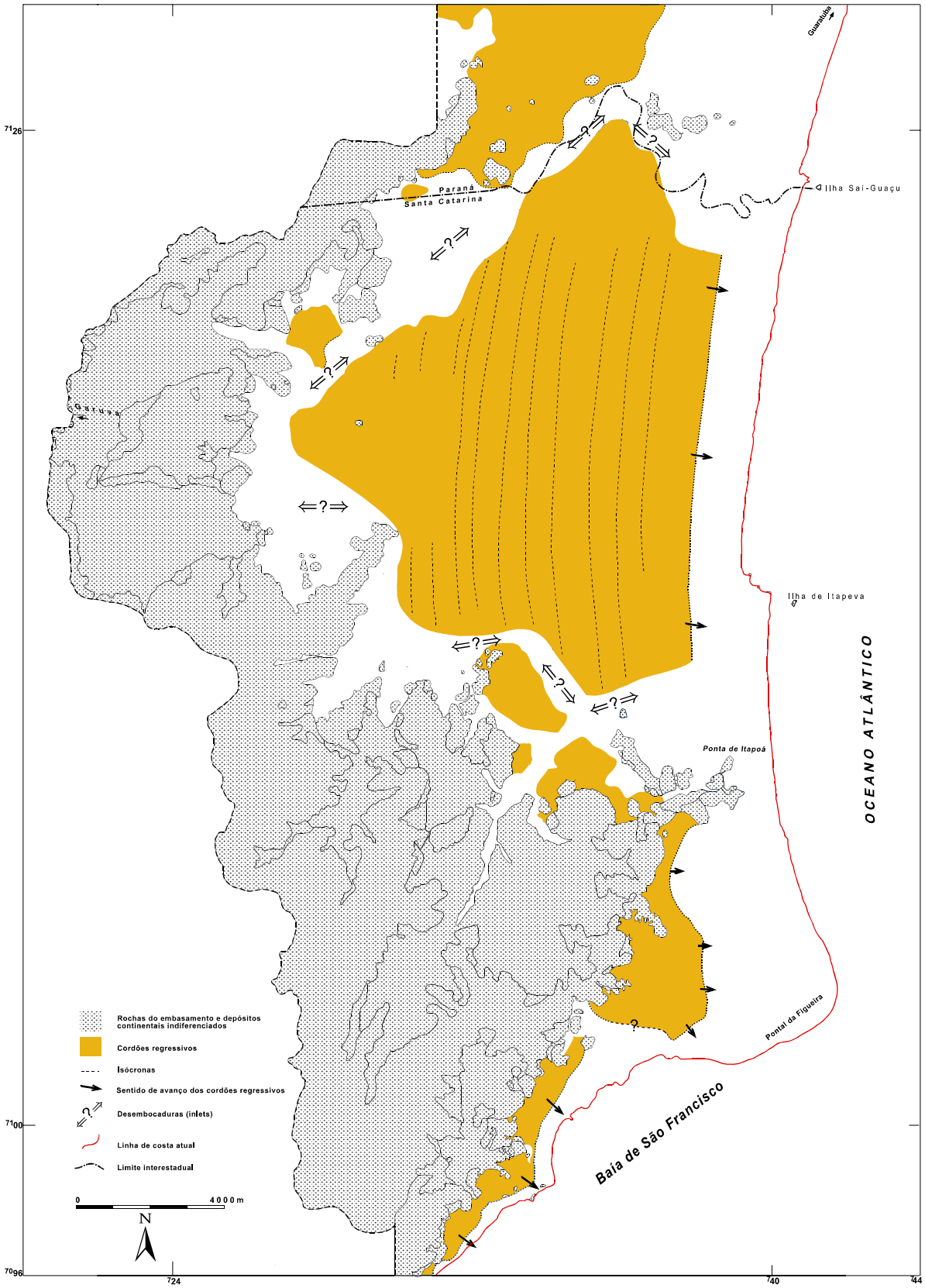


Figura 2.21: Configuração paleogeográfica da planície costeira de Itapoá durante o período regressivo após o máximo da transgressão pleistocênica.

4) Durante a transgressão holocênica o mar já tinha atingido nível superior ao atual há 6480 ± 90 anos A.P., como indica a datação de fragmentos de madeira contidos em sedimentos paleoestuarinos (Ponto 4a – Figura 2.5). Há 5510 ± 70 o mar já tinha alcançado um nível >1,50 m acima do atual, como indica a datação das conchas de *Anomalocardia brasiliana* (Ponto 1b – Figura 2.5). O máximo da transgressão teria ocorrido há 5100 anos A.P. (Suguio *et al.* 1986) ou entre 5000 e 5400 anos A.P. (Angulo & Souza 1999). A datação de uma amostra de tubos de vermetídeos (Ponto 24a – Figura 2.5), interpretada como indicadora de um paleonível de 2,49 ± 1,0 m acima do nível atual, forneceu uma idade de 4200 ± 70 anos A.P., portanto aproximadamente 1000 anos após o máximo. Assim, o máximo da transgressão holocênica na região teria sido superior a esta altitude.

Durante o máximo da transgressão existiam provavelmente esporões ou ilhas-barreiras ao norte e ao sul de Itapoá, e ao norte pelo menos três desembocaduras (Figura 2.22). Esta hipótese é reforçada pela ocorrência de sedimentos lamosos atribuídos a paleolagunas sotopostos aos sedimentos arenosos de origem praial nas sondagens de Figueira do Pontal (Figuras 2.14 e 2.15). Conforme Lessa *et al.* (1999) esta configuração sugere a existência de ilhas-barreira durante a transgressão holocênica.

Durante o máximo da transgressão os estuários e lagunas teriam alcançado sua maior extensão (Figura 2.22).

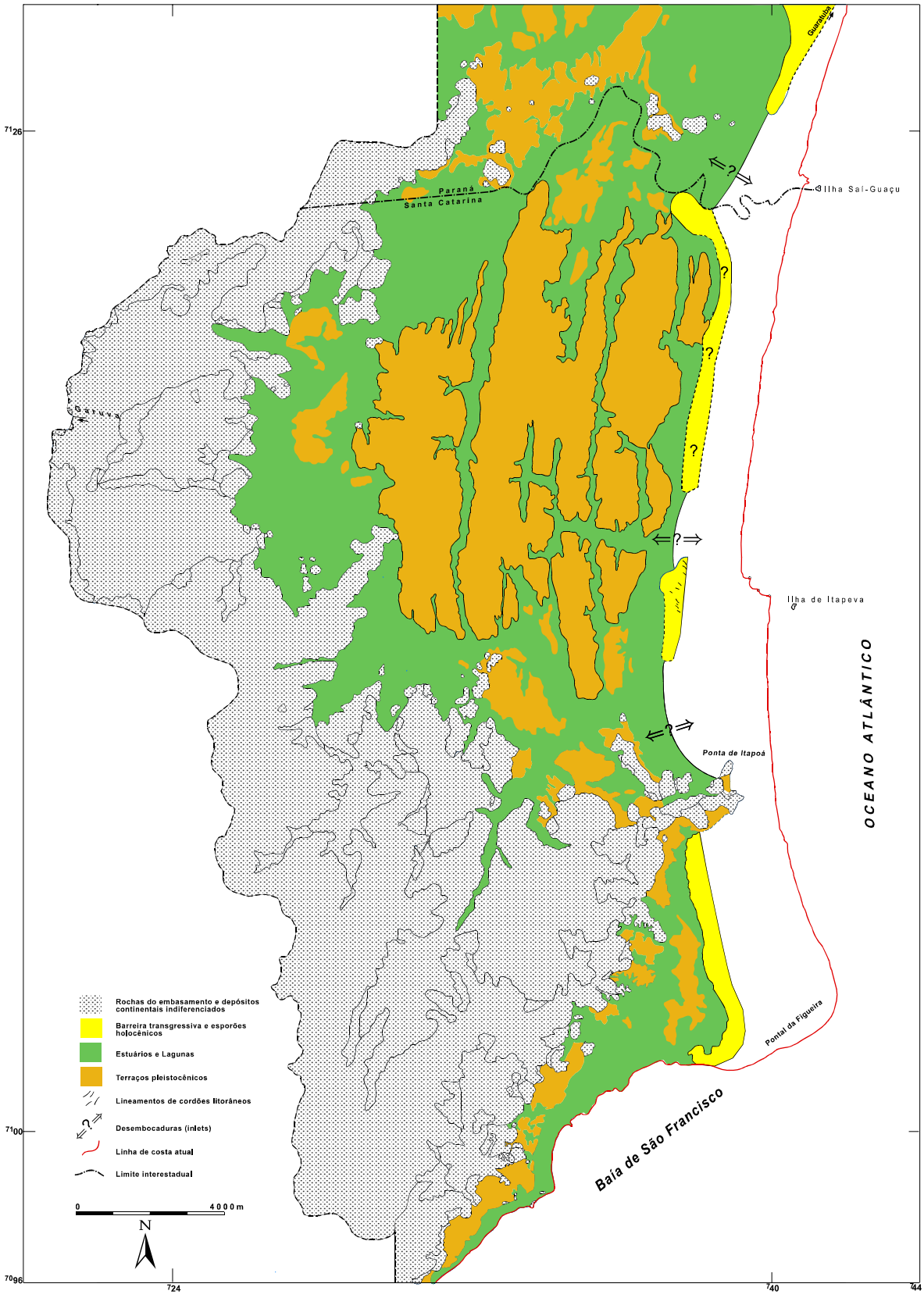


Figura 2.22: Configuração paleogeográfica da planície costeira de Itapoá durante o máximo da transgressão holocênica

Este estágio corresponderia ao Estágio V de Suguio & Martin (1987) e ao Estágio 6 de Horn Filho (1997).

No modelo de Horn Filho (1997) durante o máximo da transgressão não existiriam na região ilhas-barreira nem estuários e lagunas, apenas uma falésia na borda externa do terraço pleistocênico (Figura 2.23)**.**

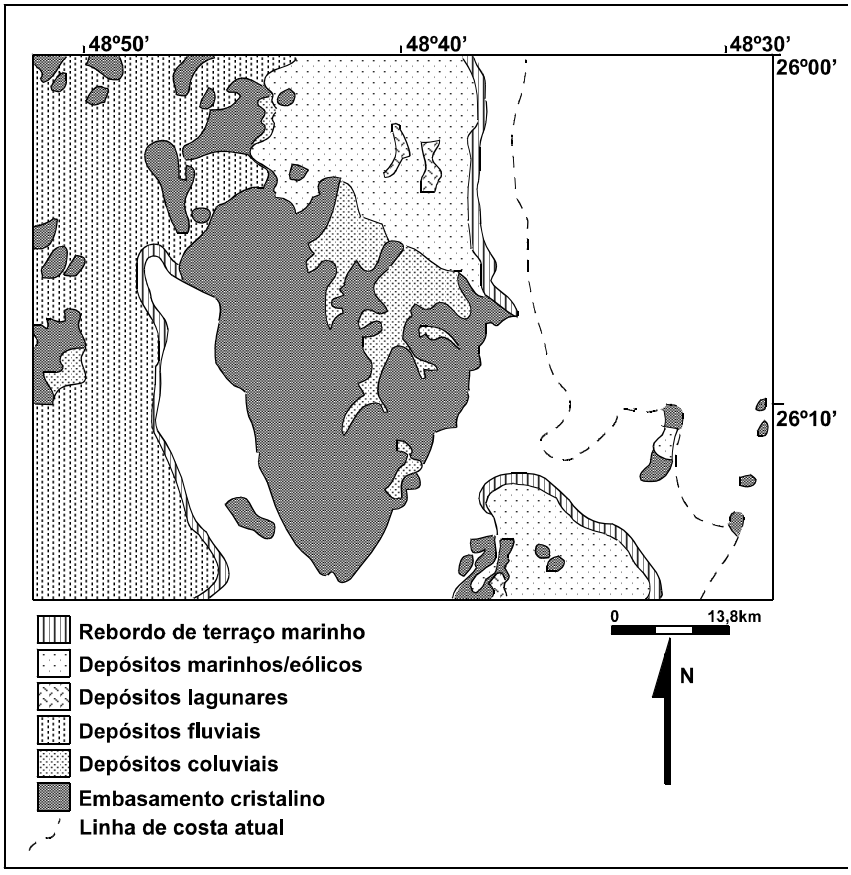


Figura 2.23: Estágio 6 – Máximo da transgressão do Holoceno (modificado de Horn Filho 1997)

Na área estudada não foram encontradas evidências correspondentes ao Estágio VI de Suguio & Martin (1987), provavelmente devido a inexistência de grandes rios.

5) Após o máximo formaram-se cordões litorâneos regressivos principalmente ao sul da Ilha de Itapeva (Figura 2.24). Ao norte da Ponta de Itapoá existiam esporões que migravam para norte, deslocando as desembocaduras na mesma direção.

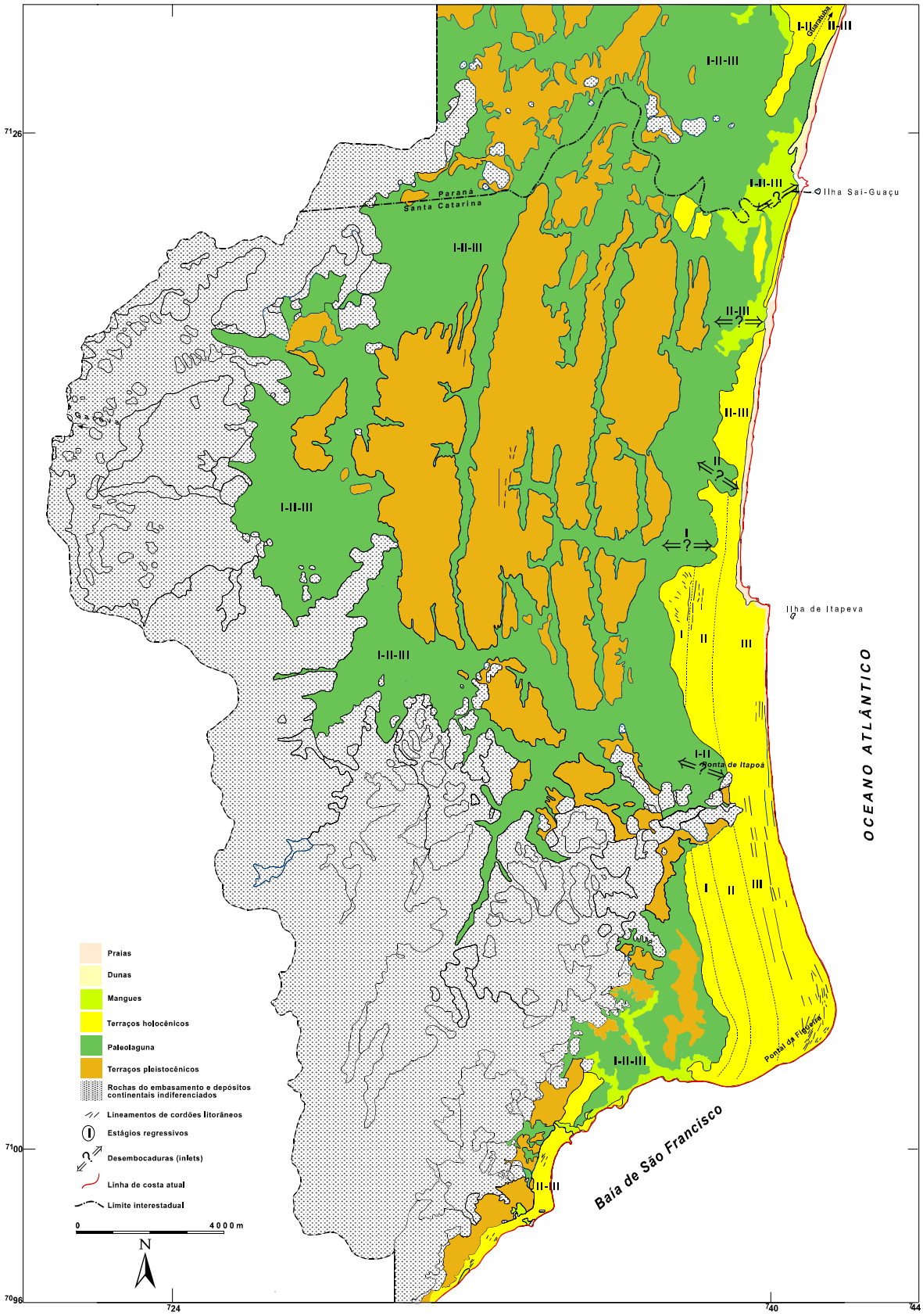


Figura 2.24: Configuração atual da planície costeira de Itapoá após o máximo da transgressão holocênica

O Rio Saí-Mirim teve, ao longo deste período, sua desembocadura progressivamente deslocada para o norte, até atingir sua posição atual. Enquanto isto, o meandramento do rio erodia a retaguarda dos cordões holocênicos. Este processo provavelmente erodiu também os esporões e as ilhas-barreira transgressivas.

Este estágio corresponderia ao Estágio VII de Suguio & Martin (1987) e ao Estágio 7 de Horn Filho (1997).

3 DINÂMICA COSTEIRA DE ITAPOÁ

A erosão de praias não precisa necessariamente envolver mudanças a longo prazo da linha de costa. As oscilações da linha de costa envolvendo alternância entre erosão e deposição podem ser iguais ou mais destrutivas em seus efeitos quando a amplitude da mudança é grande e aperiódica, episódica ou cíclica. O conhecimento dos mecanismos e condições ambientais, que causam mudanças a curto prazo e favorecem a mobilidade da praia em diferentes amplitudes, é tão importante no planejamento e defesa da costa quanto o conhecimento das causas de mudanças a longo prazo da linha de costa (Wright & Short 1983).

Neste capítulo pretende-se abordar as características morfodinâmicas das praias e as variações da linha de costa sazonais e de longo prazo (décadas) da costa do Município de Itapoá, Santa Catarina.

3.1 MORFODINÂMICA PRAIAL[2]

3.1.1 INTRODUÇÃO

3.1.1.1 Terminologia adotada dos subambientes praiais

Existem na literatura, tanto de língua inglesa quando portuguesa, discrepâncias nas terminologias utilizadas para definir os subambientes praiais. Angulo (1996) apresenta uma discussão sobre estas diferenças, e sugere um perfil hipotético destes subambientes com base nos termos usados na língua inglesa e portuguesa. Segundo este autor estas diferenças são ocasionadas pela complexidade de fatores que atuam neste ambiente. Devido a isto neste trabalho optou-se pelo uso dos termos pós-praia, face praial e *nearshore* com base nomenclatura sugerida por Angulo (1996) com algumas modificações conforme descrito abaixo (Figura 3.1).

[2] Parte deste item foi publicado por Souza & Angulo (1997b)

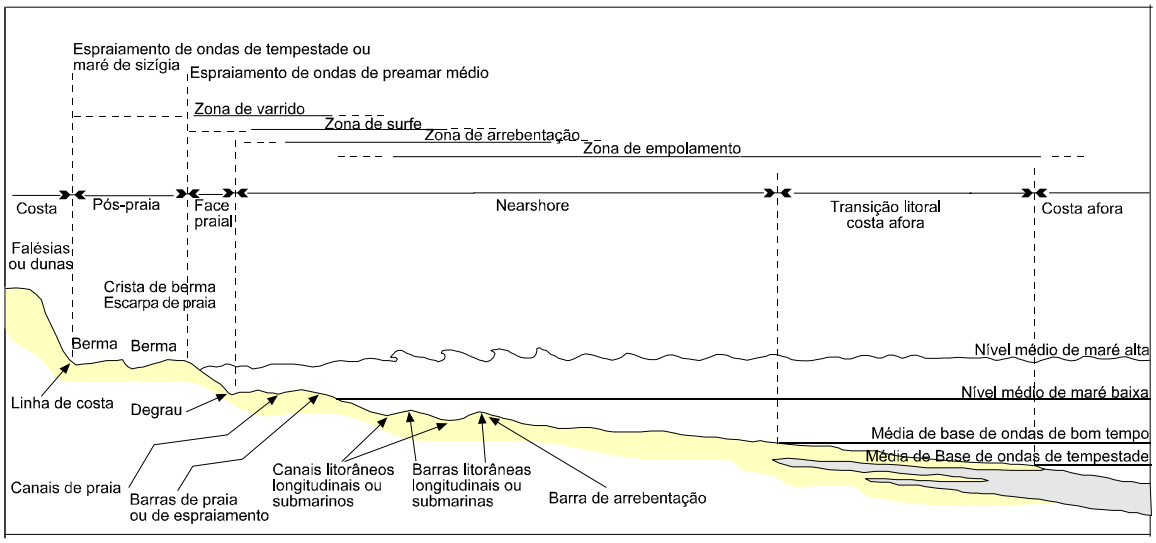


Figura 3.1: Perfil hipotético com a terminologia dos subambientes praiais e das zonas hidrodinâmicas modificado de Angulo (1996)

Pós-praia (*backshore*): corresponde a parte alta da praia, entre o limite de espraiamento das ondas de preamar médio e o alcance máximo das ondas de tempestades, geralmente definido pela crista da berma (*berm crest*). Segundo Angulo (1996), além do aspecto hidrodinâmico a pós-praia é definida pela presença da berma (*berm*), podendo ocorrer uma ou mais bermas separadas por escarpas de praia (*beach scarps*). Em direção ao continente a pós-praia limita-se com dunas ou falésias, limite este que corresponde a linha de costa (*coastline*), e em direção ao mar limita-se com a face praial (*beach face*).

Face Praial (*beach face*): a face praial corresponde a parte do perfil onde ocorre parte dos processos de espraiamento ou varrido (*swash* e *backswash*), situada entre a pós-praia e a *nearshore*. Para Angulo (1996), a face praial corresponderia a parte de maior declive da antepraia (*foreshore*). Na face praial podem ocorrer feições morfológicas rítmicas, como as cúspides. Em praias muito íngremes pode ocorrer um degrau (*beach step*) entre a face praial e a *nearshore.*

Nearshore: a *nearshore* corresponde a porção do perfil entre a face praial e a zona de transição litoral - costa fora (*transition-offshore*). Engloba a parte inferior da antepraia (*foreshore*), de menor declive denominada terraço de baixa mar (*low tide terrace*), e a face litorânea (*shoreface*) de Angulo (1996). Com relação a hidrodinâmica, a *nearshore* engloba três zonas: **zona de surfe (*surf zone*)** que corresponde a região da praia onde as ondas dissipam sua energia após a arrebentação, e têm suas características diretamente relacionadas ao tipo de arrebentação e a declividade da praia; **zona de arrebentação (*breacker zone*)** que

corresponde a área onde ocorre a quebra da onda, a não ser que a quebra seja pontual (*breaking point*), fica difícil dissociá-la da zona de surfe, principalmente em praias com mais de uma barra onde os processos da zona de arrebentação se misturam aos da zona de surfe; **zona de empolamento (*shoaling zone*)** que corresponde a área sobre a qual a onda começa a sentir o fundo antes de arrebentar. A posição da zona de empolamento varia conforme o tipo e a altura da onda, posicionando-se mais perto ou mais longe da costa. A *nearshore*, no limite com a face praial, também sofre influência da zona de varrido (*swash zone*).

Na *nearshore* podem ocorrer barras (*bar/ridge*) e canais (*runnel/trough*) que podem ser longitudinais (*longshore*) ou transversais (*transverse*) a costa, e no limite com a face praial, no trecho definido como terraço de baixa mar por Angulo (1996), geralmente ocorrem canais e barras denominadas por Roep (1986 *in* Angulo 1996) de barras de espraiamento (*swash bars*). As barras e canais também podem ser denominados de bancos e canaletas (Muehe 1994).

3.1.1.2 Aspectos sedimentológicos

As ondas são os principais agentes no condicionamento de correntes que transportam sedimentos na praia, tanto longitudinal quanto transversalmente. As mudanças sazonais do transporte são ocasionados por mudanças na direção e aproximação das ondas nas praias (Wright & Short 1983).

Para alguns autores o tamanho da partícula, na zona de varrido, aumenta conforme aumenta a energia das ondas (e.g. Bascom 1951, Komar 1976). Segundo King (1972) esta relação aplica-se tanto para uma variação espacial como temporal.

Fox *et al.* (1966) demostram em seus estudos que o tamanho médio do grão aumenta na zona de varrido, da pós-praia para o degrau, e na zona de surfe, decresce do degrau da praia para a barra mar afora (*offshore bar*), mas mantém-se um pouco mais grosso que o da pós-praia. Sobre a barra o tamanho do grão aumenta, e após ela diminui em direção ao mar aberto (*offshore*). Segundo estes autores estas variações estão relacionadas às mudanças de energia através do perfil praial.

Para Komar (1976) são três os fatores que controlam a distribuição do tamanho de grãos nos sedimentos da praia: 1) fonte do sedimento; 2) nível de energia; e 3) declive geral do perfil praial.

Trask & Johnson (1995) demostram a ocorrência de variações zonais no tamanho dos grãos ao longo do perfil praial. Segundo estes autores os sedimentos mais finos estão sobre a face praial superior e os mais grossos sobre a face praial inferior, como também sobre a berma. Para Bascom (1951) depois do degrau da praia, a berma é a porção da praia que apresenta sedimentos mais grossos.

Isla (1991) analisando amostras de cinco zonas da praia, desde a pós-praia até a zona de arrebentação, verificou que a distribuição dos minerais pesados sofre o perfil praial, apresenta melhores resultados para a definição dos subambientes praiais que os parâmetros granulométricos.

3.1.1.3 Aspectos morfodinâmicos

O desenvolvimento de estudos de longa escala temporal - anos a décadas - abrangendo praias morfologicamente distintas e sujeitas a climas de ondas também distintos, resultou na proposição de diversos modelos seqüenciais de evolução morfológica (e.g. Wright *et al.* 1979, Short 1979, Short & Hesp 1982, Wright & Short 1984, Masselink 1993)**.**

Segundo Davis Jr. & Fox (1972) a morfologia das praias pode apresentar mudanças em escalas que vão desde dias a anos ou décadas. No geral, as mudanças em escalas anuais ou maiores estão associadas ao transporte longitudinal de sedimentos, enquanto que mudanças cíclicas, diárias a semi-anuais estão relacionadas ao transporte transversal. Segundo Wright & Short (1983) as mudanças cíclicas de curto prazo no perfil praial, são tanto ou mais importante que as mudanças anuais, por estarem relacionadas a eventos de alta energia sobre a costa, como as tempestades.

Para Wright & Short (1983) muitos estudos sobre migração transversal (*offshore-onshore*) de sedimentos, associada à alternância entre erosão e deposição, têm sido fortemente influenciados pelos modelos de perfis de praias sazonais (verão/inverno). Segundo estes autores existem inúmeros trabalhos sob o enfoque da engenharia com critérios detalhados para predizer a probabilidade de ocorrer erosão ou deposição nas praias, os autores citam como exemplo o trabalho de Dean (1973). Em geral, estes critérios têm sido definidos a partir dos parâmetros: esbeltez de onda, velocidade de sedimentação do grão e declividade da praia.

Devido a complexidade dos problemas associados a erosão e sedimentação de praias, os aspectos relacionados a morfologia preexistente e as mudanças no transporte de sedimentos por correntes geradas na zona de surfe (oscilações de baixa freqüência, correntes de retorno

etc.) têm recebido pouca atenção. Contudo, para tentar entender os processos de erosão/sedimentação é preciso avaliar a relação que existe entre a escala, freqüência e intensidade dos movimentos na zona de surfe e a morfologia que freqüentemente são resultados das condições antecedentes (Wright & Short 1983).

Wright & Short (1983) apresentam uma síntese de seus trabalhos sobre morfodinâmica praial. Nesta síntese os autores apresentam os seis principais estágios morfodinâmicos, mais comuns na costa australiana, caracterizados pela associação das diferentes morfologias com os processos hidrodinâmicos: a) Extremo dissipativo, b) Barra-Canal Longitudinal ou *Longshore Bar-trough* (LBT)*; c) Barra e Praia Rítmicas ou *Rhythmic Bar and Beach* (RBB); d) Barra Transversal e *Rip* ou *Transverse Bar and Rip* (TBR); e) Crista-Canal/Terraço de Maré Baixa ou *Ridge and Runnel/Low Tide Terrace* (RR/LTT); f) Extremo Refletivo.

Os estágios **b** até **e** correspondem aos estágios intermediários, e são formados por elementos dos dois extremos: dissipativo e refletivo.

Os estados morfodinâmicos de uma praia podem ser definidos a partir do cálculo do parâmetro adimensional de velocidade de sedimentação (Ω) obtido pela expressão Ω=Hb/WsT, onde Hb = altura de arrebentação, Ws = velocidade de decantação do sedimento, T = período da onda (Wright *et al.* 1979, Short 1984). Com base na relação de equilíbrio entre o estado da praia e os valores de Ω, Wright *et al.* (1985) fixaram valores médios de Ω (Ω") (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Relações de equilíbrio entre estado morfodinâmico da praia e Ω (Wright *et al.* 1985).

Estados morfodinâmicos	Ω" (Ω médio)	σ (desvio padrão)
Reflectivo	<1.5	----
Terraço de baixa mar (LTT)	2.40	0,19
Bancos transversais (TBR)	3.15	0.64
Banco e praia de cúspides (RBB)	3.50	0.76
Banco e calha longitudinal (LBT)	4.70	0.93
Dissipativo	>5.50	---

Klein (1996) apresenta um método indireto para a definição do estado morfodinâmico de um praia a partir da equação de Sunamura (1984) modificada para $\Omega_{teórico}= 0{,}0225/(\tan\beta)^2$. Nesse trabalho Klein (1996) assume que a declividade da face praial (tanβ) é função do

* As siglas correspondem as iniciais dos termos em língua inglesa, por ser a forma de apresentação mais encontrada nos diversos trabalhos sobre morfodinâmica.

parâmetro adimensional (Ω) de Wright *et al.* (1979) e Short (1984) e define valores teóricos extremos da declividade para os estados morfodinâmicos (Tabela 3.2).

Tabela 3.2: Valores limites teóricos da declividade da face praial para os diferentes estados morfodinâmicos (Klein 1996)

Estados morfodinâmicos	$\Omega_{teórico}$	tanβ
Dissipativo	> 6	< 0,61 (3,5º)
Intermediário	1 a 6	0,61 a 0,15
Reflectivo	< 1	> 0,15 (8,5º)

3.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.2.1 Sedimentologia

Para as análises granulométricas e mineralógicas foram coletadas amostras transversais ao longo de cada perfil durante os levantamentos planialtimétricos de agosto de 1996, fevereiro e setembro de 1997 e fevereiro de 1998. As amostras foram coletadas a cada variação na morfologia da praia e na ausência desta na linha de deixa, na linha d'água e um ponto intermediário.

Em laboratório foram separados 50 gramas de material seco de cada amostra, os quais foram lavados com água deionizada para eliminação dos sais solúveis, elutriadas em água corrente para retirada do sobrenadante pelítico e colocadas para secar em estufa a 60 ºC, após a secagem as amostra foram peneiradas em vibrador mecânico durante 15 minutos. Foram utilizadas peneiras com intervalo de meio fi (ϕ), desde 4 ϕ até -0,5 ϕ (0,062 a 2 mm) e as frações retidas em cada peneira foram pesadas em balança de precisão até a terceira casa decimal.

Os valores do peso inicial e dos pesos de cada classe textural foram utilizados para cálculo de parâmetros estatísticos analíticos pela técnica dos momentos. Para isso, foi utilizada a rotina *Momento.WK1*, criada no programa *Lotus 1-2-3 for Windows* (versão 5, 1991, 1994) pelo Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini (IG-USP). A distribuição dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957), diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose, foi interpretada estatisticamente com o auxílio do programa *Statistica for Windows* (Versão 4.2, 1993).

Para análise da mineralogia foram selecionadas 14 amostras referentes ao levantamento de agosto de 1996 (inverno), dos perfis 01 e 07. Utilizaram-se as frações areia fina e muito fina (0,250-0,062 mm), correspondente a uma classe abaixo da moda, segundo método descrito por Giannini (1993). A separação foi feita segundo o método descrito por

Carver (1971), em funis apropriados, misturando a amostra com um reagente analítico, neste caso o Bromofórmio ($CHBr_3$) de densidade 2,85 g/cm^3, por corresponder aproximadamente ao limite entre as densidades dos minerais leves (quartzo e feldspato) e os minerais denominados pesados. Após esta etapa o material foi lavado com álcool doméstico e colocado para secar a temperatura ambiente dentro de uma capela de exaustão.

Os minerais leves foram pesados em balança de precisão até a terceira casa decimal, para cálculo do teor de pesados na amostra. Foram retirados os minerais magnéticos (magnetita) da fração de pesados com o auxílio de um imã de mão envolvido em saco plástico (Giannini 1993) e a fração de pesados desmagnetizados foi pesada para cálculo de teor de minerais magnéticos. Com a fração sem magnéticos foram confeccionadas lâminas delgadas utilizando-se uma placa aquecedora e bálsamo do Canadá.

A quantificação de minerais pesados, dentre os grãos transparentes não micáceos, foi feita até um total de 100 grãos, em microscópio petrográfico utilizando-se um contador acoplado. Foram calculados os índices somatórios de minerais ultraestáveis, índice ZTR (zircão, turmalina e rutilo), de minerais metaestáveis (estaurolita, pistachita, apatita, cianita, sillimanita, granada e titanita), e de minerais instáveis (hornblenda, hiperstênio e oxi-hornblenda).

3.1.2.2 Morfologia

O levantamento planialtimétrico foi realizado sazonalmente entre os anos de 1996 e 1998 nos períodos de 21 e 22/08/96, 18 e 19/02/97, 04/09/97 e 17 e 18/02/98, totalizando 36 perfis. Em cada período foram levantados 09 perfis distribuídos ao longo das praias, sendo três entre o Rio Saí-Mirim e a Ponta do Areião e seis entre esta e Figueira do Pontal (Figura 3.2). O espaçamento entre cada perfil foi cerca de 2 km, definido pela extensão da costa neste trecho, de aproximadamente 25 km, a distância entre eles foi determinada com auxílio de odômetro de carro. Não foram levantados perfis entre as barras dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim devido a dificuldade de acesso, e ao sudoeste do balneário de Figueira do Pontal por tratar-se de uma costa formada por manguezais e praias de interior de estuário. Com o intuito de melhor compreender as variações e tendências observadas nos levantamentos sazonais, foi realizado um levantamento após um evento de tempestade, em 03 de junho de 1997, e dois após o levantamento de verão de 17 e 18 de fevereiro de 1998, sendo um em 19 de março e outro em 18 de junho do mesmo ano, totalizando 27 perfis.

Os perfis foram realizados perpendicularmente à linha de costa, a partir de um ponto de referência (muro, topo de dunas antigas, poste ou estacas colocadas para este fim). As estações de medidas foram estabelecidas com base nas variações morfológicas na parte emersa da praia, ou na ausência destas em pontos intermediários tais como linhas de deixa e linha d'água.

O levantamento topográfico foi realizado com um nível de precisão, trena e mira graduada. Utilizou-se como zero relativo o ponto de referência, a partir do qual foram feitas leituras sucessivas até uma profundidade, em torno de 1 m, onde era possível manter a régua para fazer a leitura.

Os dados obtidos em campo foram plotados no programa *Statistica for Windows* (versão 4.2, 1993) para construção das planilhas de cálculos, a partir das quais efetuaram-se análises estatísticas e confeccionaram-se os gráficos para melhor visualização da variação do relevo praial e de suas feições morfológicas. Para o cálculo dos volumes erodidos e depositados, foi utilizado um programa em linguagem FORTRAM, desenvolvido pelo Prof. Dr. Ricardo de Camargo (IAG-USP), para um ajuste no método de interpolação de valores, onde se considerou que cada perfil tinha um metro de largura. Os resultados desta interpolação foram transferidos para o programa *Surfer for Windows 32 (Golden Software* versão 6.02, 1996) para o cálculo dos volumes em cada trecho da praia.

Para a análise da variação granulométrica e mineralógica ao longo dos perfis, e classificação dos perfis nos estados morfodinâmicos conforme os modelos descritos na bibliografia, os resultados dos dados planialtimétricos, granulométricos e mineralógicos foram confrontados com os dados de dinâmica disponíveis: marés, ondas, ventos, correntes.

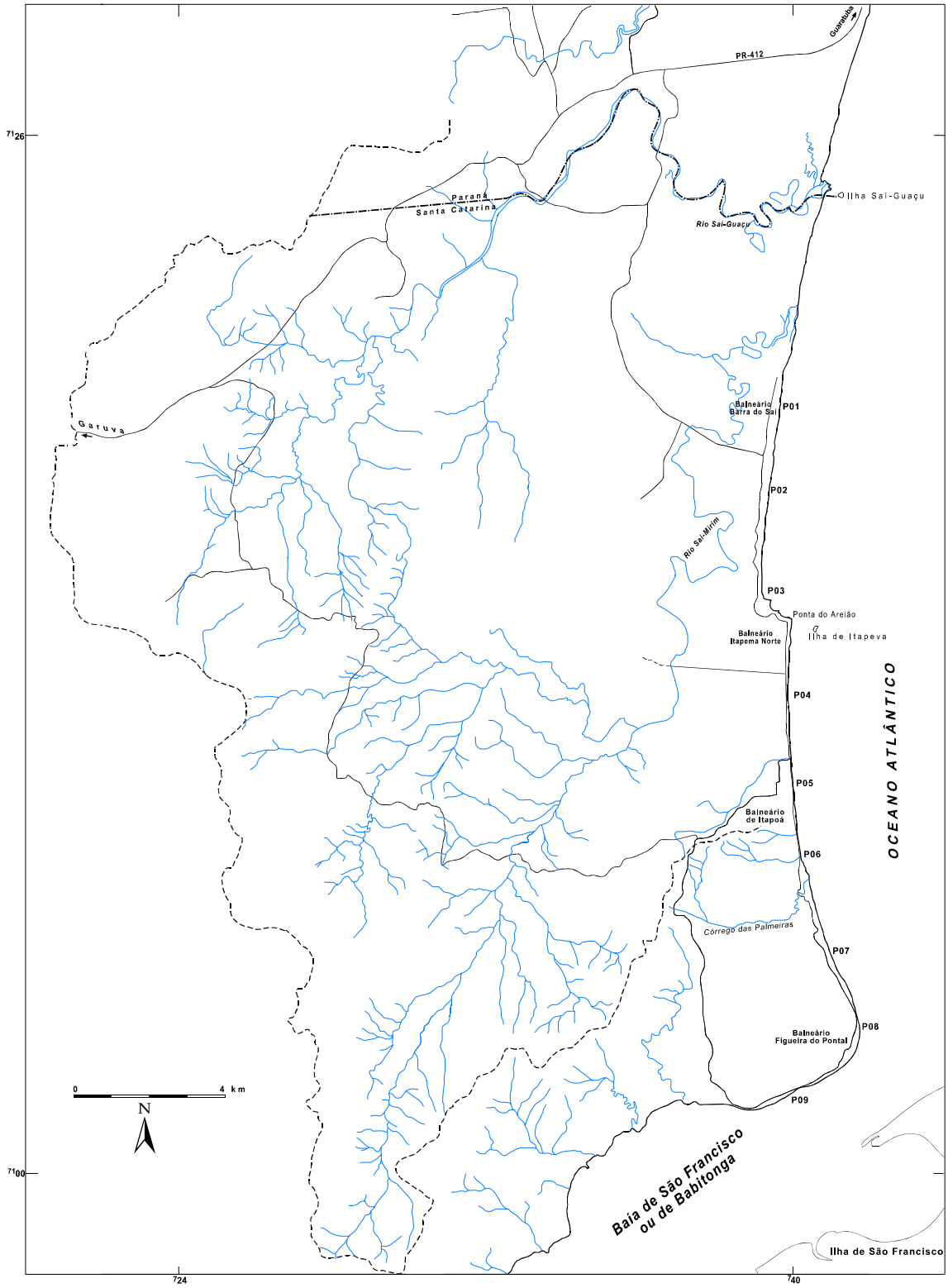
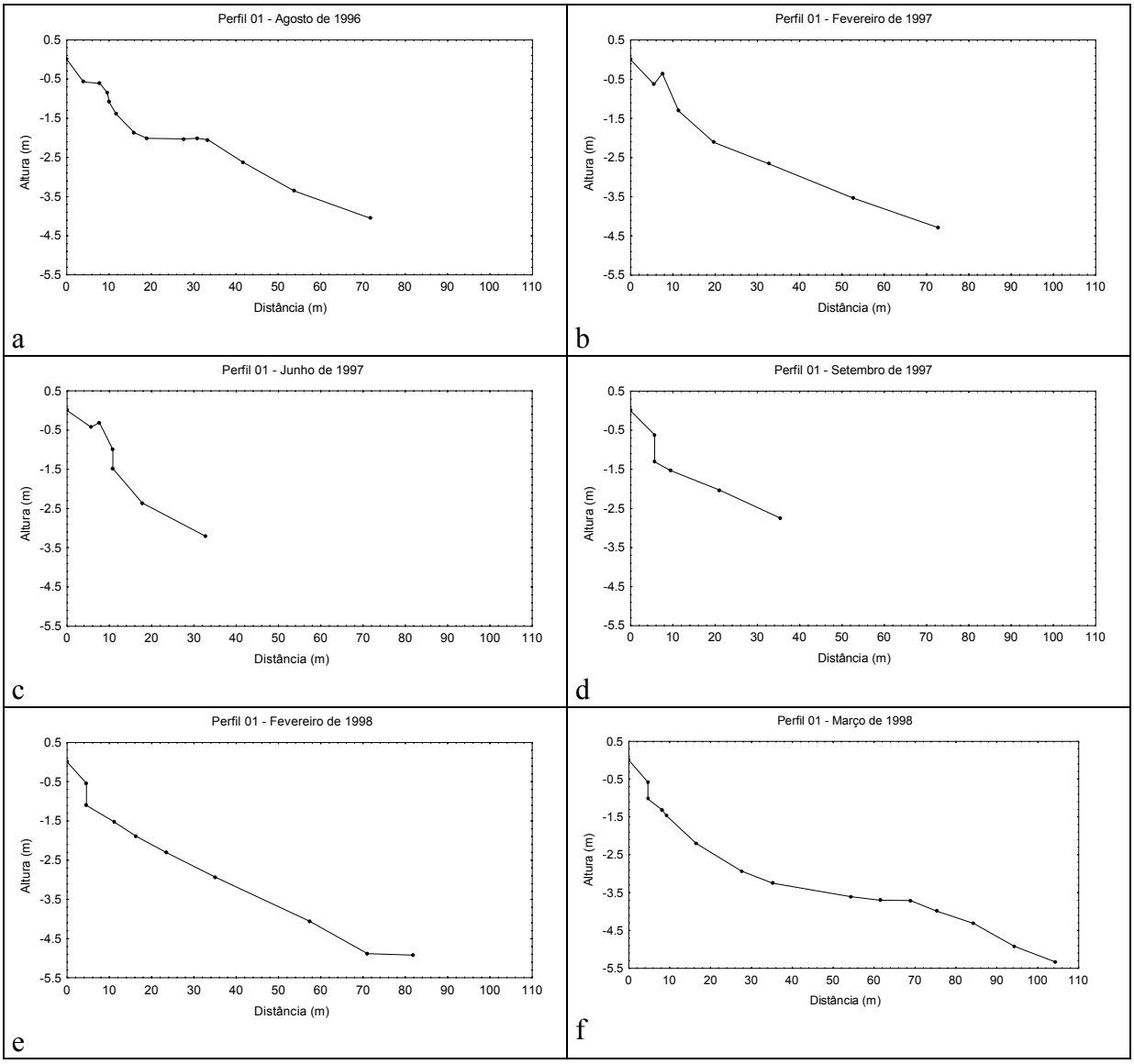


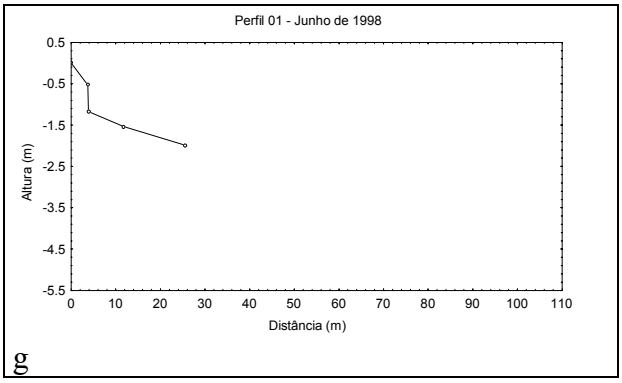
Figura 3.2: Localização dos perfis planialtimétricos

3.1.3 RESULTADOS

3.1.3.1 Variação da morfologia

No perfil 01 a morfologia da praia em agosto de 1996 era constituída pela pós-praia, com uma berma bem desenvolvida e pela face praial, com cúspides bem desenvolvidas e com espaçamento médio entre as cristas de 37 m. A declividade na pós-praia era de 3,07º e na face praial de 2,57º. Acima da pós-praia existiam dois cordões de dunas frontais, um mais interno com cerca de 1,08 m de altura, contínuo e vegetado, e outro mais externo com 0,47 m de altura, descontínuo, recoberto por vegetação rasteira e com uma escarpa de 0,20 m na base (Figura 3.3a).





g

Figura 3.3:Morfologia do perfil 01 nos diversos levantamentos

Em fevereiro de 1997 a morfologia da praia era constituída apenas pela face praial, com uma declividade de 2,78º. No cordão mais externo houve um aumento de 0,49 m na altura das dunas e o desaparecimento da escarpa (Figura 3.3b).

Em junho de 1997 a declividade da face praial aumentou ficando em 4,49º. O cordão de dunas externo apresentou um aumento de cerca de 0,19 m em sua altura. Na área interdunas observou-se deposição de cerca de 0,10 m, e na base da duna externa observou-se erosão, formando-se novamente uma escarpa com 0,48 m de altura (Figura 3.3c).

No levantamento de setembro de 1997, apesar da face praial não apresentar nenhuma feição morfológica ao longo do perfil, pode-se notar próximo ao perfil a presença de uma berma e de cúspides incipientes. A declividade da face praial diminuiu para 2,75º. O cordão de dunas externo tinha desaparecido e uma escarpa de 0,69 m formou-se na base do cordão interno (Figura 3.3d).

Em fevereiro de 1998 a declividade da face praial apresentou um pequeno aumento ficando em 2,83º. Na *nearshore* foram observados canais e barras descontínuos próximos a linha d'água e contínuos próximos a arrebentação (Foto 3.1). A altura da escarpa, na base do cordão de dunas interno, diminuiu cerca de 0,13 m com relação ao período anterior (Figura 3.3e).



Foto 3.1: Barras e canais na *nearshore* observados no levantamento de fevereiro de 1998. (1) Barra contínua paralela à costa; (2) barra descontínua subparalela à costa; (3) canal transversal; (4) canal longitudinal.

No perfil de março de 1998 a morfologia da praia era constituída pela pós-praia e pela face praial. No Limite entre a pós-praia e a face praial observou-se uma pequena escarpa de 0,15 m de altura. No limite entre a face praial e a *nearshore,* formou-se uma berma com cerca de 0,20 m de altura. Na *nearshore* observou-se a presença de barras e canais descontínuos, próximos a linha d'água e contínuos, próximos a arrebentação (Foto 3.2). A declividade da face praial diminuiu ficando em 2,47º. Em direção ao continente notou-se uma diminuição na altura da escarpa de 0,12 m aproximadamente (Figura 3.3f).



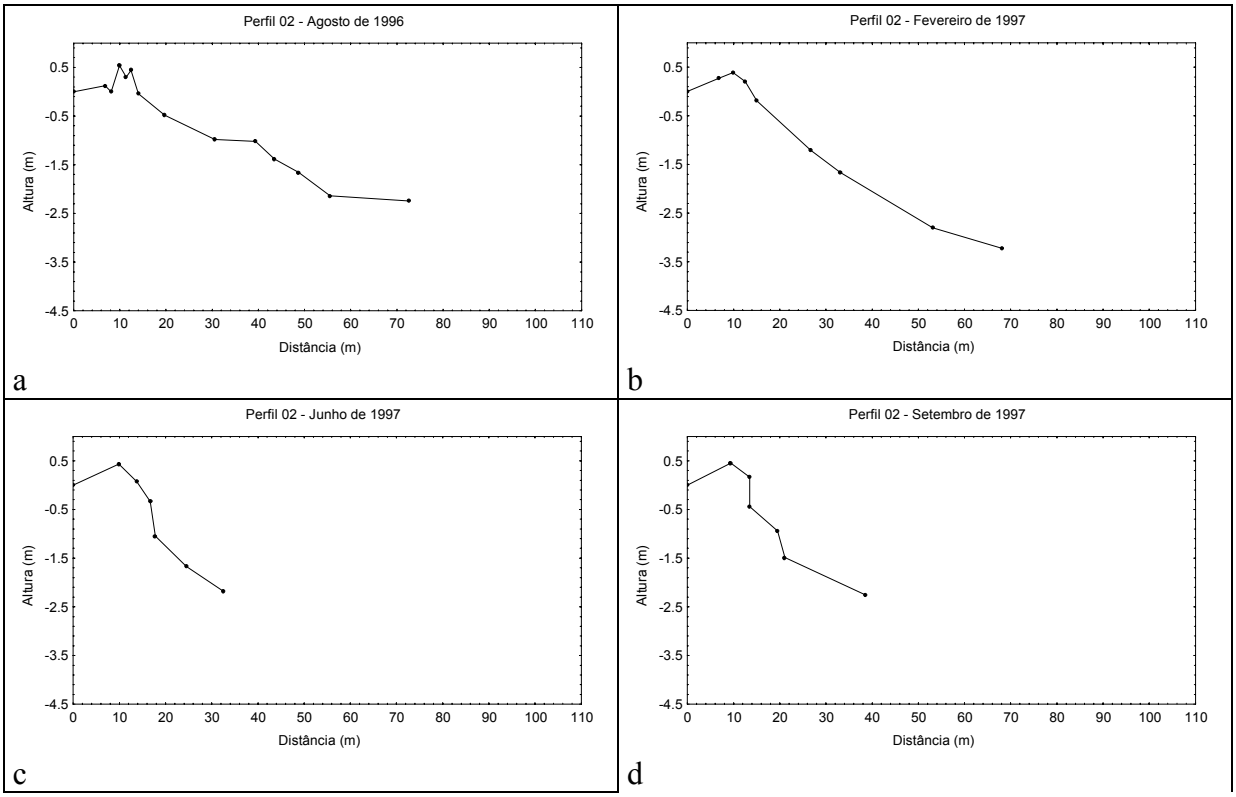
Foto 3.2: Vista da praia no perfil 01durante o levantamento de março de 1998. (1) Barra contínua; (2) barras descontínuas.

No levantamento de junho de 1998 o perfil da praia apresentou uma declividade menor, 2,17º, com a presença de uma berma pequena ao longo da praia e uma maior na linha d'água (Foto 3.3). A escarpa apresentou um aumento de 0,20 m em sua altura com relação ao período anterior (Figura 3.3g).



Foto 3.3: Vista da praia no perfil 01 durante o levantamento de junho de 1998. Observar a formação da berma próximo a linha d'água (1) e os canais descontínuos na retaguarda (2).

No perfil 02 a morfologia da praia, em agosto de 1996, era composta pela pós-praia com uma berma bem desenvolvida, e pela face praial com cúspides com espaçamento médio entre as cristas de 25,0 m. A declividade da face praial era de 1,58º e na pós praia de 2,23º. Acima da pós-praia existiam dois cordões de dunas frontais um interno com 0,54 m de altura e um externo com 0,34 m (Figura 3.4a).



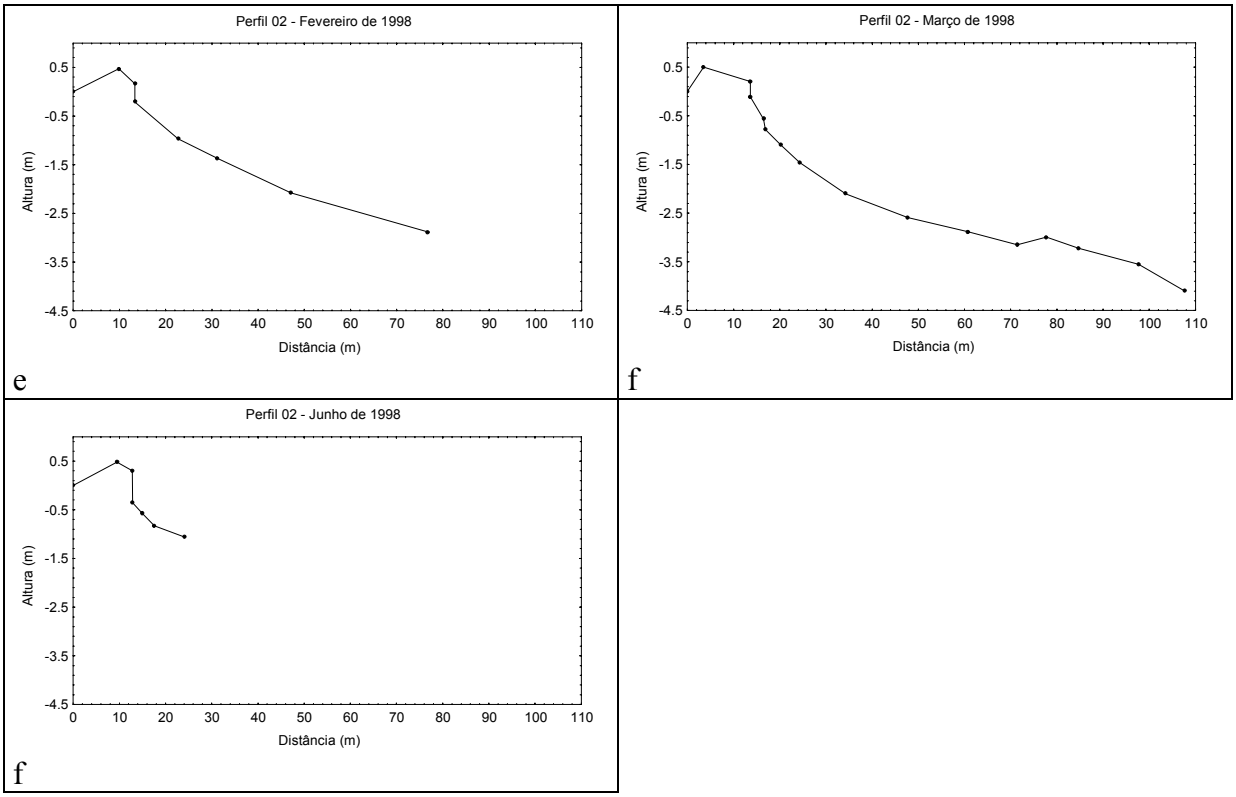


Figura 3.4: Morfologia do perfil 02 nos diversos levantamentos

Em fevereiro de 1997, o perfil era constituído apenas pela face praial, a berma e as cúspides haviam desaparecido, as dunas frontais apresentavam-se cerca de 0,15 m mais baixas e com cristas mais suaves (Foto 3.4). Neste período também observou-se deposição na planície a retaguarda das dunas. O perfil praial mostrava-se mais íngreme, a declividade da face praial era de 3,26º (Figura 3.4b).



Foto 3.4: Vista do local do perfil 02 em fevereiro de 1997, onde se observam os cordões de dunas frontais interno (1) e externo (2) e a vegetação avançando sobre a parte alta da praia (3).

No levantamento de junho de 1997 a morfologia ainda era composta pela face praial, próximo ao perfil podia-se observar a presença de cúspides incipientes. Os cordões de dunas

estavam coalescentes, e na base do que seria o cordão mais externo formou-se uma escarpa de 0,60 m de altura (Figura 3.4c). A declividade da face praial aumentou mais ainda, passando para 4,39º.

Em setembro de 1997 o perfil manteve-se praticamente igual ao período anterior, o que pode-se notar foi o recuo da escarpa, que neste período posicionava-se na base da duna interna e tinha uma altura de 0,60 m (Foto 3.5). A declividade da face praial diminuiu com relação ao período anterior, ficando em 4,14º (Figura 3.4d).



Foto 3.5: Vista do local do perfil 02 em setembro de 1997 onde observa-se a escarpa na base do cordão de dunas interno. Note-se a concentração de minerais pesados na base da escarpa.

No levantamento de fevereiro de 1998 a face praial apresentava declividade mais suave, o ângulo de inclinação diminuiu para 2,40º. Próximo ao perfil, na linha d'água, notava-se a presença de cúspides incipientes, a escarpa na base do cordão de dunas diminuiu para 0,43 m (Foto 3.6; Figura 3.4c).



Foto 3.6: Vista do local do perfil 02 em fevereiro de 1998, onde observa-se a escarpa na base do cordão de dunas interno. Note-se a diminuição da altura da escarpa em relação a setembro de 1997 (Foto 3.5) indicando deposição na base da escarpa.

No levantamento realizado em março de 1998 o perfil era constituído pela pós-praia, pela face praial e pela *nearshore*. No limite entre a pós-praia e a face praial formou-se uma escarpa de praia (*beach scarp*) com 0,22 m de altura. A face praial apresentava-se côncava e com declividade de 2,42º. A *nearshore* era constituída por uma berma pequena, na linha d'água, e por dois conjuntos barra-canal, um pequeno e descontínuo próximo a linha d'água e outro maior e contínuo próximo a arrebentação. A altura da escarpa do cordão de dunas diminuiu cerca de 0,15 m em relação ao período anterior (Figura 3.4f).

Em junho de 1998 a porção emersa do perfil apresentava-se mais curta e íngreme, com declividade de 3,57º. A morfologia era composta apenas pela pós-praia com duas bermas, uma na parte superior da praia e outra na linha d'água (Foto 3.7), a altura da escarpa da base do cordão de dunas aumentou 0,31 m (Figura 3.4g).



Foto 3.7: Morfologia da praia no perfil 02 durante o levantamento de junho de 1998, onde observa-se a existência de duas bermas, uma na parte alta da praia (1) e outra na linha d'água (2). Note-se o canal entre as bermas (3).

A morfologia da praia no perfil 03 esteve representada pela face praial, em quase todos os períodos de monitoramento, com exceção no levantamento de junho 1998, onde podia-se observar uma pequena berma próximo a linha d'água, e em direção ao continente por uma escarpa. As únicas variações observadas neste perfil referem-se a altura da escarpa e a declividade da praia.

Nos levantamentos de agosto de 1996 e fevereiro de 1997 o perfil manteve-se praticamente estável (Figuras 3.5a,b), a face praial apresentava uma declividade suave, com ângulo de 1,95º e 1,98º respectivamente. Nestes levantamentos também foram observadas barras com cerca de 0,30 m de altura na *nearshore*.

Em junho de 1997 a declividade da praia aumentou para 5,71º (Figura 3.5c). Neste período a intensa erosão ocasionou o afloramento de turfas e troncos de árvores na face praial (Foto 2.16). No levantamento seguinte, setembro de 1997, a declividade manteve-se alta (4,21º). A altura da escarpa durante estes levantamentos manteve-se entre 0,43 e 0,59 m (Figura 3.5d). No mês de fevereiro de 1998 a altura da escarpa passou para 0,93 m, porém a declividade da praia diminui ficando em 2,04º (Figura 3.5e). Nos meses de março e junho de 1998 a declividade manteve-se baixa, 1,80º e 2,16º respectivamente, a altura da escarpa diminuiu ficando com 0,73 m em março e 0,67 m em junho (Figuras 3.5f,g). Neste último

período na escarpa observavam-se 0,40 m de sedimentos arenosos na base e 0,27 m de material de aterro na parte superior.

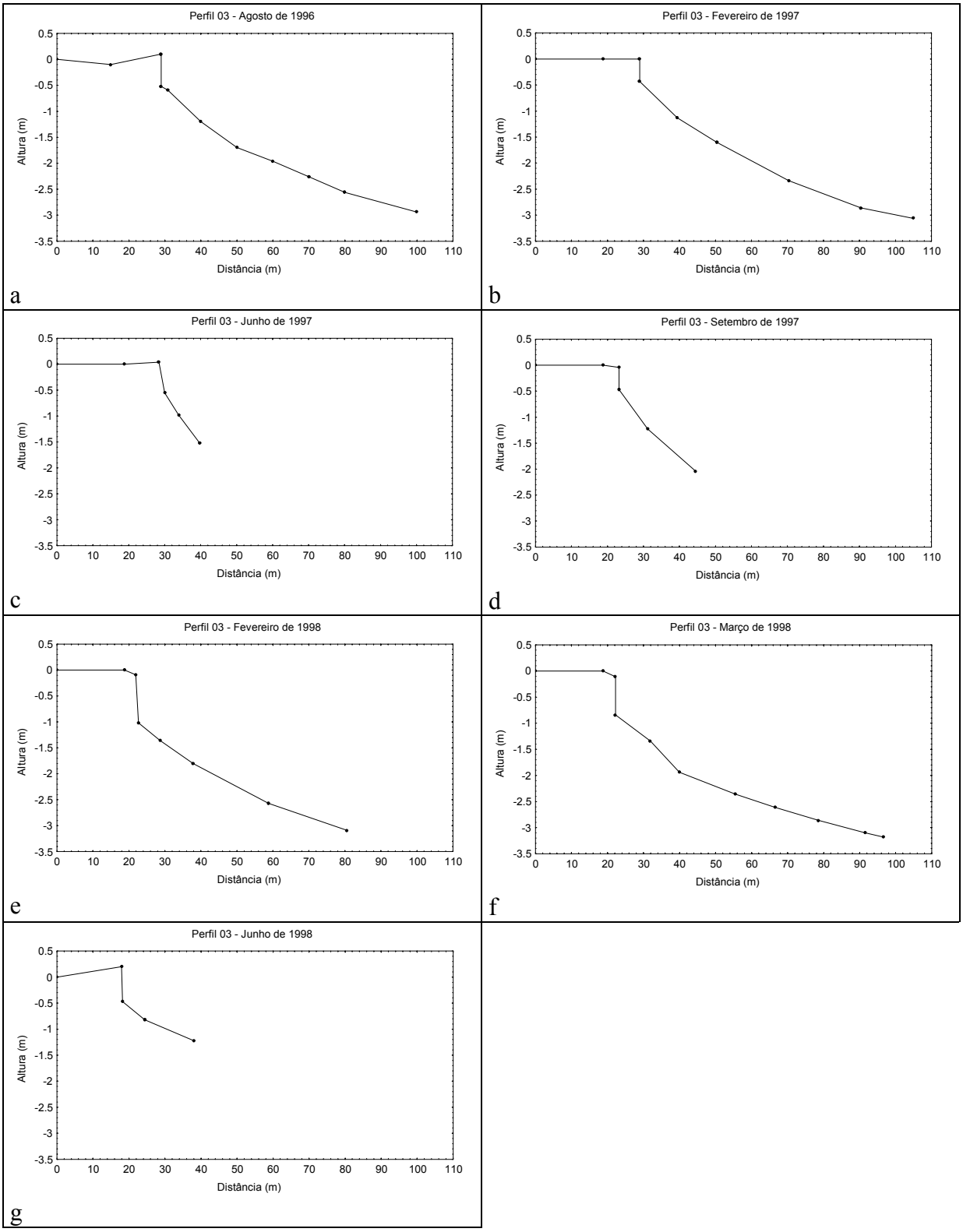


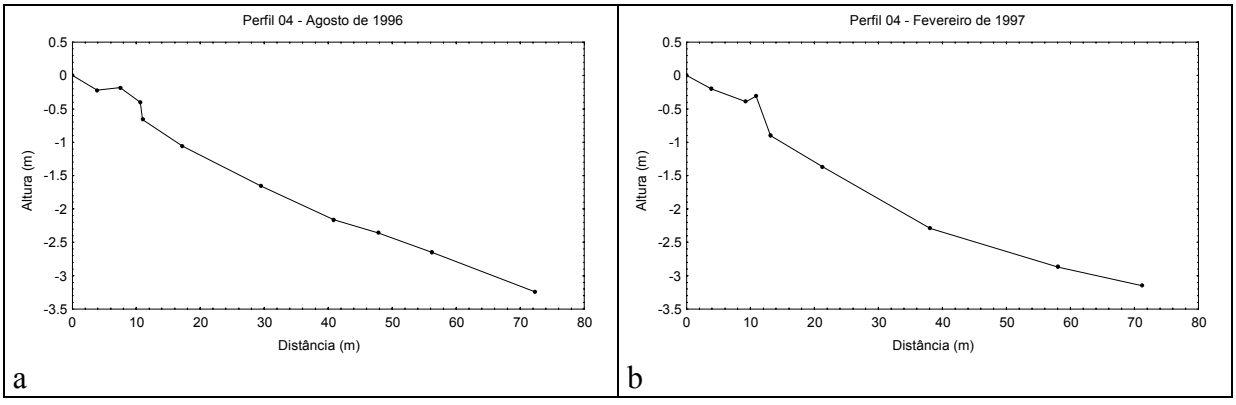
Figura 3.5: Morfologia do perfil 03 nos diversos levantamentos.

No perfil 04 a morfologia da praia em agosto de 1996 era constituída pela face praial com duas linhas de cúspides, uma bem desenvolvida na parte alta da praia com espaçamento médio entre as cristas de 36 m e outra menor próximo a linha d'água com espaçamento médio de 18 m. O ângulo de inclinação da face praial era de 2,41º. Na *nearshore* observou-se a ocorrência de pequenas dunas subaquosas com cerca de 0,10 m de altura. Em direção ao continente ocorriam pequenas dunas com altura em torno de 0,26 m à frente de um antigo enrocamento (Figura 3.6a, Foto 3.8).

Em fevereiro de 1997 as cúspides não foram observadas, e a base da duna avançou cerca de 2 m em direção ao mar. A face praial mantinha-se suave com ângulo de inclinação igual a 2,21º, na *nearshore* observaram-se no canais dunas subaquosas com 0,20 m de altura (Figura 3.6b).

No levantamento de junho de 1997 a declividade da face praial aumentou muito passando para 6,88º, as dunas desapareceram e uma escarpa com 1,06 m de altura formou-se junto ao enrocamento (Figura 3.6c).

Em setembro de 1997 a face praial voltou a apresentar declividade baixa, 2,70º mantendo-se assim nos levantamentos subsequentes, próximo ao perfil observou-se a formação de cúspides incipientes (Figura 3.6d). Nos levantamentos seguintes, fevereiro, março e junho de 1998, a morfologia da praia não apresentou mudanças, com exceção do mês de junho onde pode-se notar a presença de uma berma pequena próximo a linha d'água (Figura 3.6e,f,g).



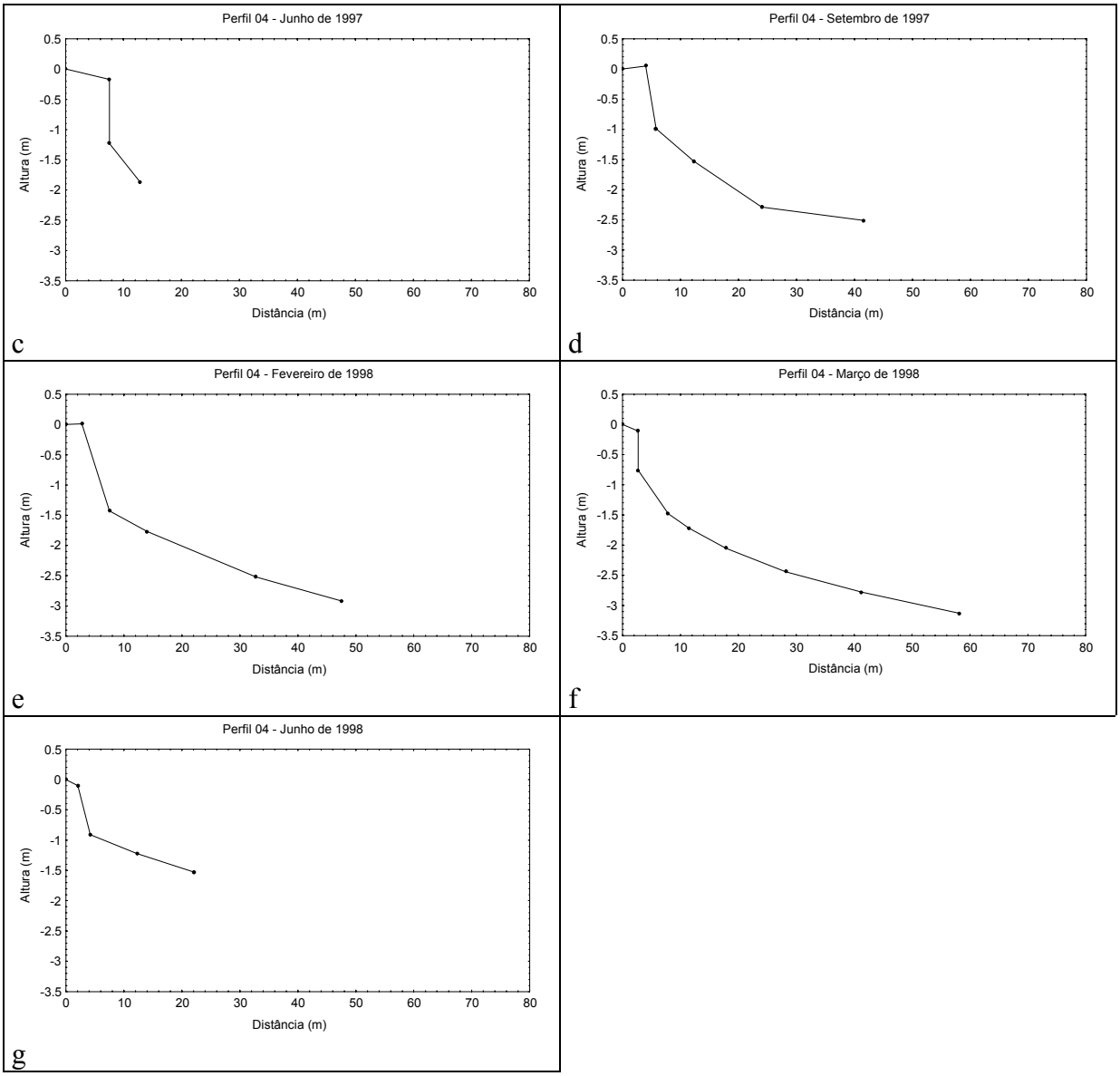
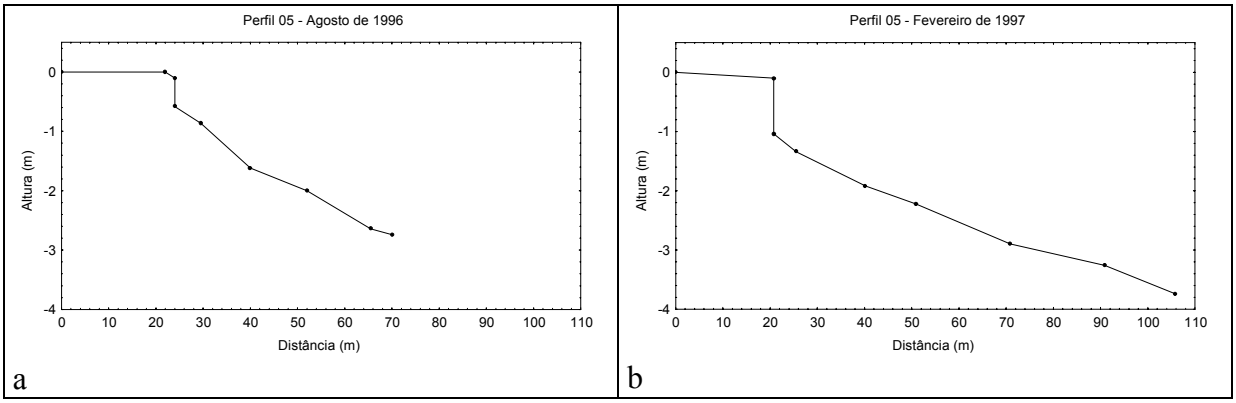


Figura 3.6: Morfologia do perfil 04 nos diversos levantamentos



Foto 3.8: Vista do perfil 04 no levantamento de agosto de 1996, onde observa-se um cordão incipiente de dunas com vegetação rasteira à frente de um antigo enrocamento.

No perfil 05 a morfologia da praia esteve representada pela face praial e por uma escarpa em direção ao continente, no período entre agosto de 1996 e junho 1997, a partir de setembro de 1997 a escarpa desapareceu, tendo sido construído um enrocamento em seu lugar. A declividade da face praial manteve-se suave com ângulo de inclinação médio de 2,30º, com exceção do levantamento de junho de 1997 onde o ângulo era de 4,76º. As únicas feições morfológicas observadas sobre a face praial foram cúspides, com distância média entre as cristas de 32 m, próximo a linha d'água no levantamento de setembro de 1997 (Figura 3.7).



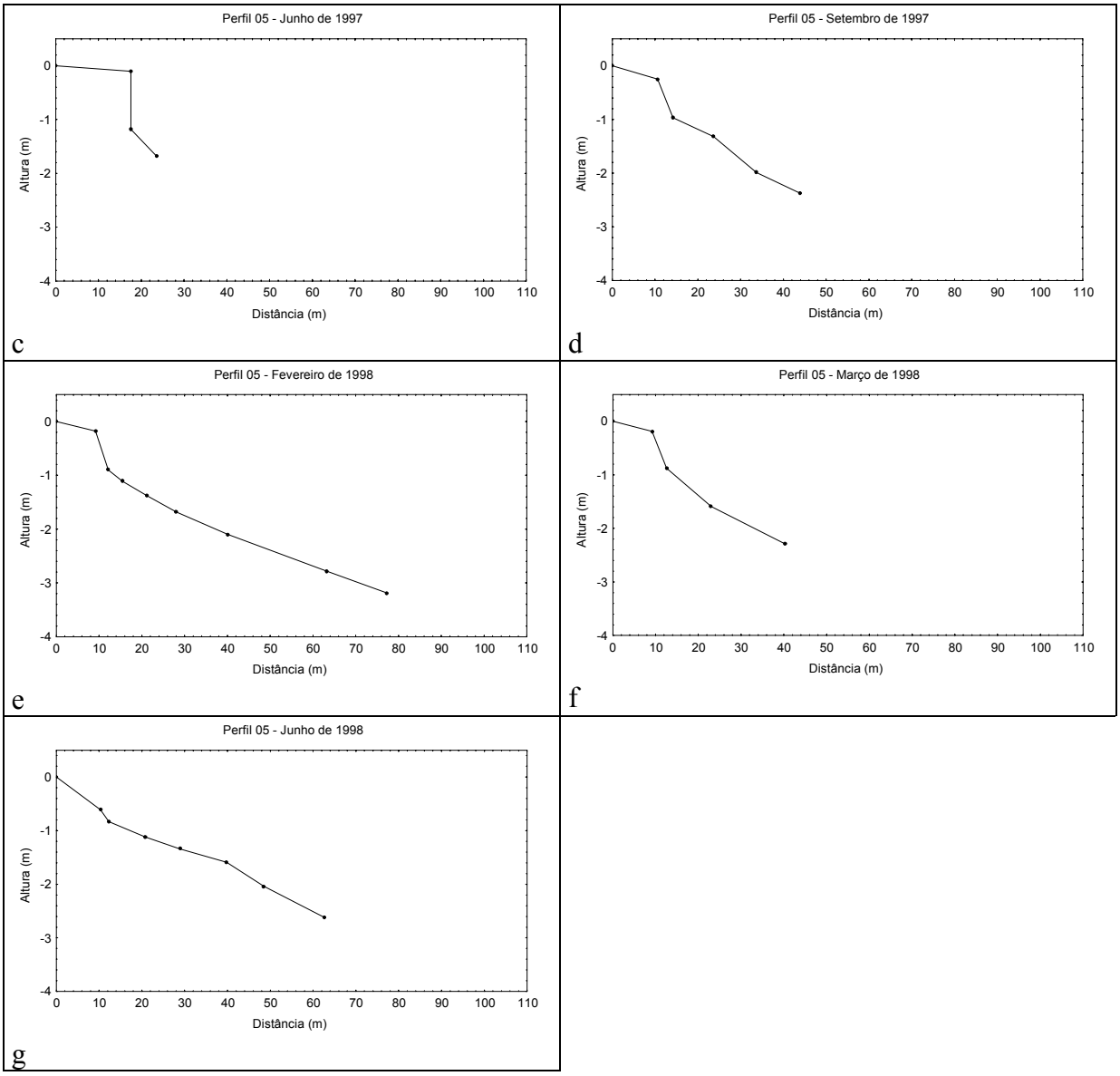


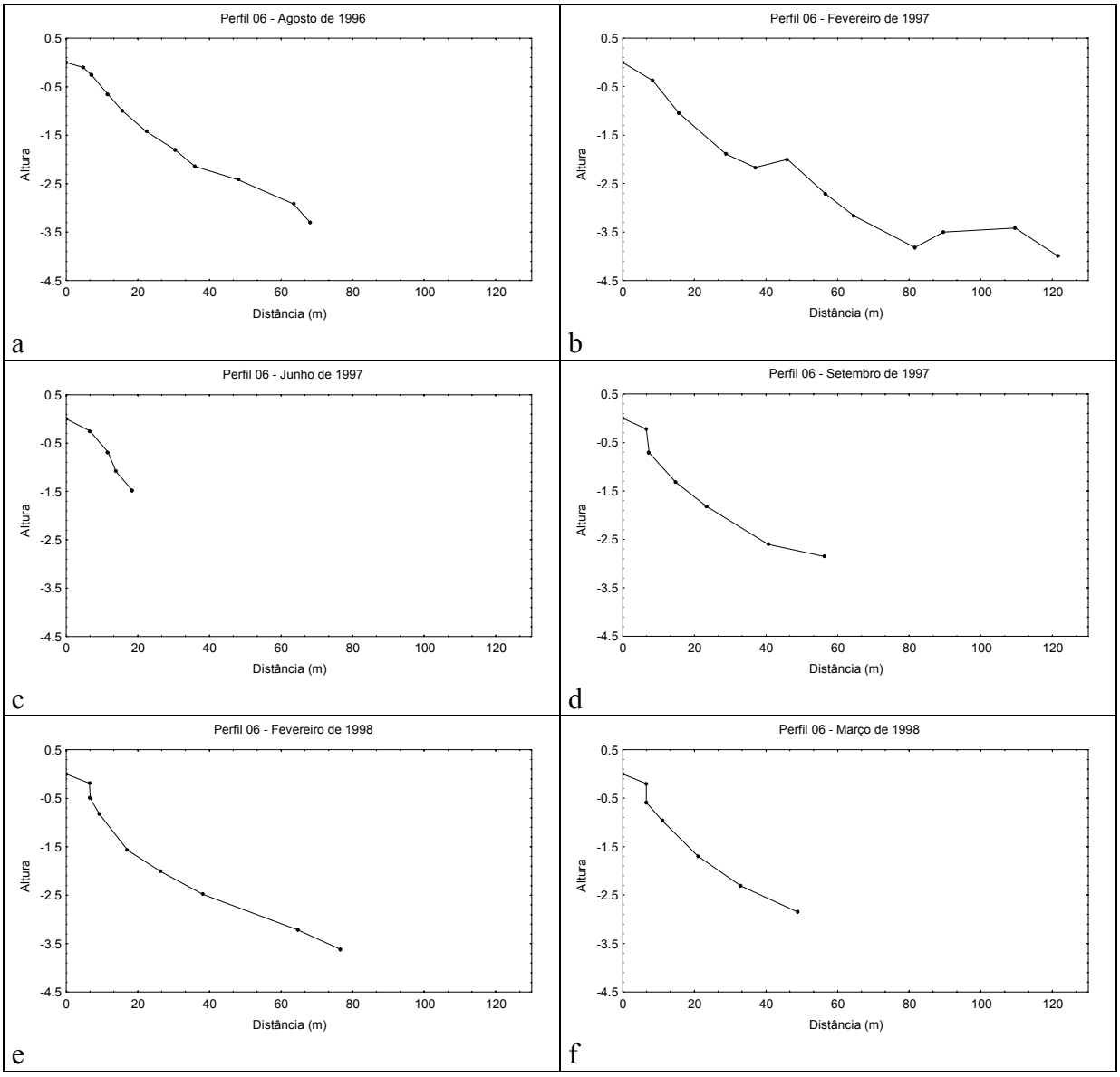
Figura 3.7: Morfologia do perfil 05 nos diversos levantamentos

No levantamento de agosto de 1996 a morfologia da praia, no perfil 06, era representada pela face praial com cúspides bem desenvolvidas e com distância média entre as cristas de 35 m, e declividade de 2,67º. Em direção ao continente existiam dois cordões de dunas frontais, um interno bem desenvolvido e vegetado com altura média de 0,66 m, e outro externo com altura de 0,40 m, recoberto por vegetação rasteira que avançava sobre a praia (Figura 3.8a).

Em fevereiro de 1997 a morfologia da praia era composta pela face praial, com canais e barras descontínuos próximo a linha d'água, e pela *nearshore* com canais e barras subparalelos à costa. A declividade da face praial diminuiu apresentando um ângulo de

inclinação de 1,83º, e próximo ao perfil observou-se cúspides incipientes. Os cordões de dunas frontais não apresentaram variações (Figura 3.8b).

No levantamento de junho de 1997 não foram observadas feições na face praial, a declividade aumento muito apresentando um ângulo de inclinação de 6,62º. Nos cordões de dunas frontais observou-se erosão, com a formação de uma escarpa de 0,49 m de altura na base do cordão externo (Figura 3.8c, Foto 3.9)



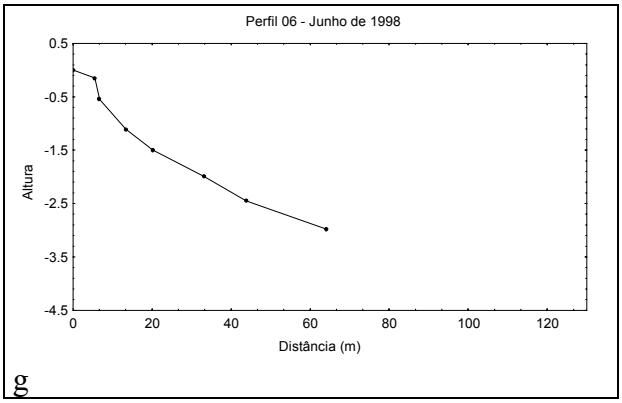


Figura 3.8: Morfologia do perfil 06 nos diversos levantamentos



Foto 3.9: Vista da praia próxima ao perfil 06 no levantamento de junho de 1997 onde observa-se a erosão dos cordões de dunas frontais (1) e a escarpa na base do cordão externo (2).

Em setembro de 1997 a morfologia da praia era constituída pela face praial, sem outras feições evidentes, porém, próximo ao perfil observou-se algumas cúspides incipientes, o ângulo de inclinação da face praial diminuiu para 2,49º. Na *nearshore* pode-se observar a ocorrência de um canal e uma barra subparalelos à costa. O cordão de dunas externo desapareceu, e uma escarpa com 0,49 m formou-se na base do cordão interno (Figura 3.8d).

No levantamento de fevereiro de 1998 a morfologia da praia era representada pela face praial, com a formação de antidunas próximo a linha d'água (Foto 3.10), a declividade da face praial manteve-se baixa com ângulo de 2,55º. A altura da escarpa do cordão de dunas frontais diminuiu para 0,31 m (Figura 3.8e).

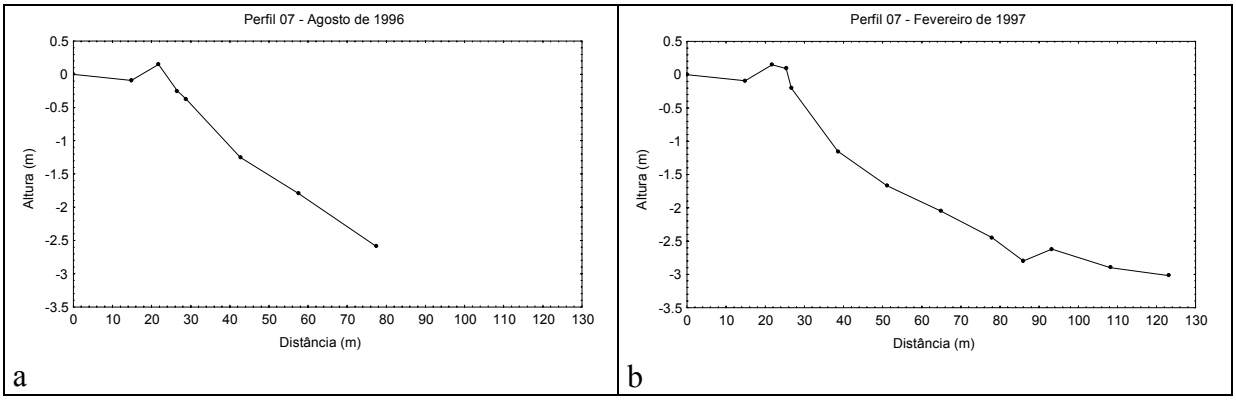


Foto 3.10: Vista da praia no perfil 06 no levantamento de fevereiro de 1998, onde observam-se antidunas sobre a face praial próximo a linha d'água.

No mês de março de 1998 não se observou feições na face praial, a declividade da praia aumentou um pouco passando para 3,06º. A altura da escarpa na base do cordão de dunas aumento cerca de 0,08 m (Figura 3.8f).

No levantamento de junho de 1998 a declividade da face praial diminuiu para 2,42º, próximo ao perfil observou-se cúspides incipientes. Na base do cordão de dunas houve deposição e o desaparecimento da escarpa (Figura 3.8g).

No perfil 07 a morfologia da praia em agosto de 1996 era constituída pela face praial, com uma declividade de 2,63º, e em direção ao continente existia um cordão de dunas frontais, com altura de 0,33 m, bem desenvolvido e vegetado (Figura 3.9a).



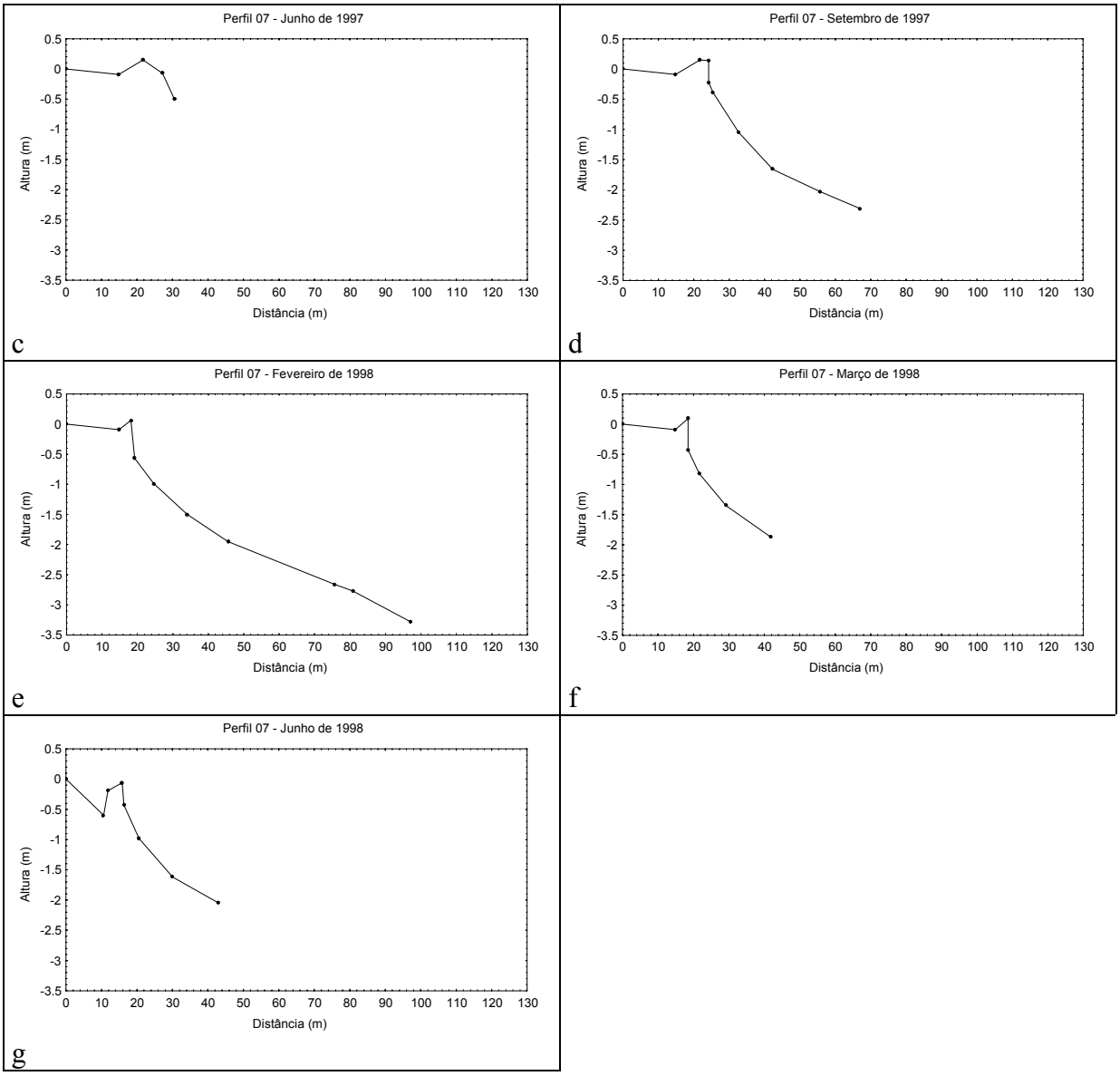


Figura 3.9: Morfologia do perfil 07 nos diversos levantamentos.

Em fevereiro de 1997 a face praial apresentou declividade mais suave, com ângulo de inclinação de 1,67º. Na *nearshore* observou-se um canal e uma barra subparalelos à costa (Foto 3.11). O cordão de dunas frontais não apresentou variação, apenas a vegetação apresentava-se mais densa e avançando sobre a praia (Figura 3.9b).



Foto 3.11: Vista da praia no perfil 07 no levantamento de fevereiro de 1997, onde pode-se observar uma barra (1) e um canal (2) subparalelos a costa na *nearshore*.

No levantamento de junho de 1997 o perfil emerso da praia era curto e o ângulo de inclinação da face praial aumentou para 7,20º, o cordão de dunas não apresentou modificações (Figura 3.9c).

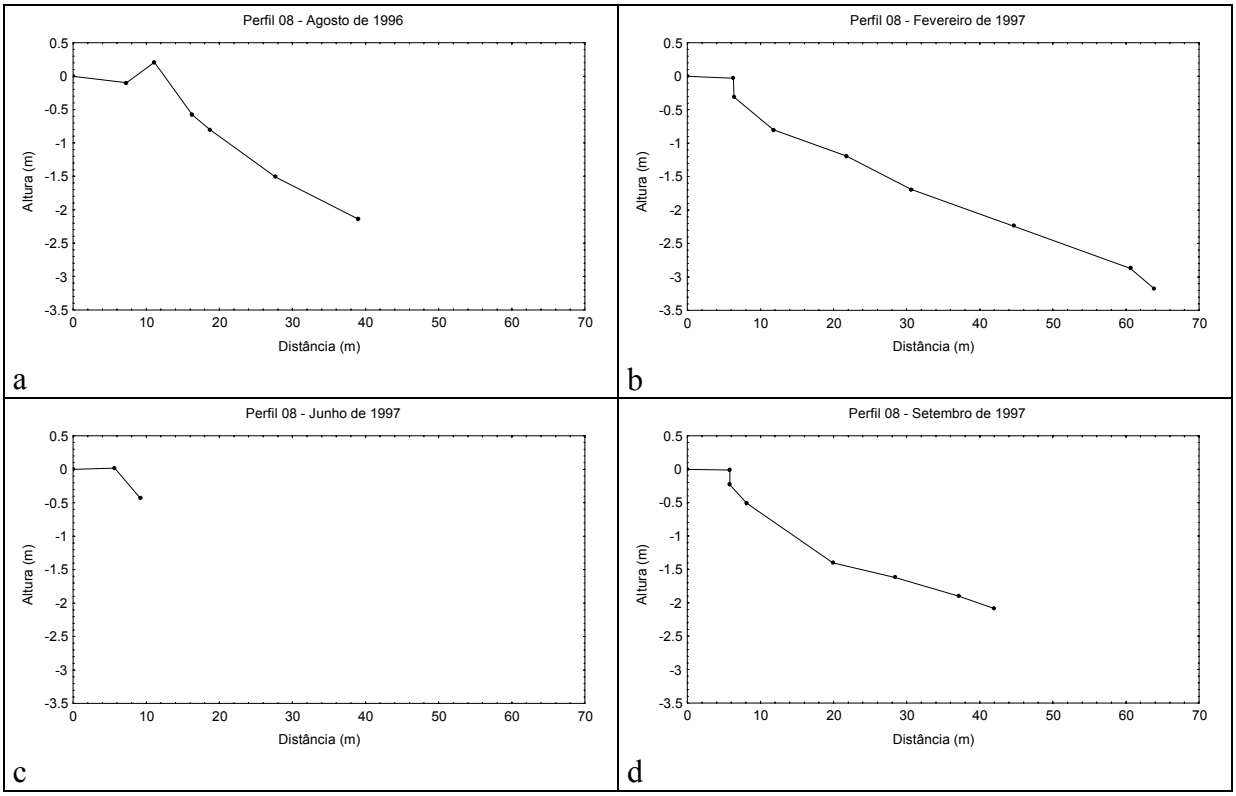
Em setembro de 1997 a face praial apresentava um perfil côncavo, com um ângulo de inclinação de 2,79º e na base do cordão de dunas tinha se formado uma escarpa de 0,36 m de altura (Figura 3.9d).

No levantamento de fevereiro de 1998 a morfologia não apresentou variação, apenas a declividade da praia ficou mais suave com ângulo de 1,99º e o cordão de dunas frontais desapareceu, dando lugar a uma escarpa de 0,63 m de altura (Figura 3.9e, Foto 3.12). Nos levantamentos subsequentes de março e junho de 1998, a morfologia da praia manteve-se igual, apenas com aumento da declividade para 3,53º e 3,47º, respectivamente. A escarpa apresentou uma pequena redução por erosão do topo e não pelo rebaixamento do perfil da praia (Figura 3.9f,g).



Foto 3.12: Vista da praia no perfil 07 durante o levantamento de fevereiro de 1998, onde pode-se observar a erosão do cordão de dunas.

Em agosto de 1996 a morfologia da praia no perfil 08 era constituída pela face praial com declividade de 3,93º. Em direção ao continente existia um cordão de dunas frontais com cerca de 0,20 m de altura, bem desenvolvido e com vegetação densa (Figura 3.10a, Foto 3.13).



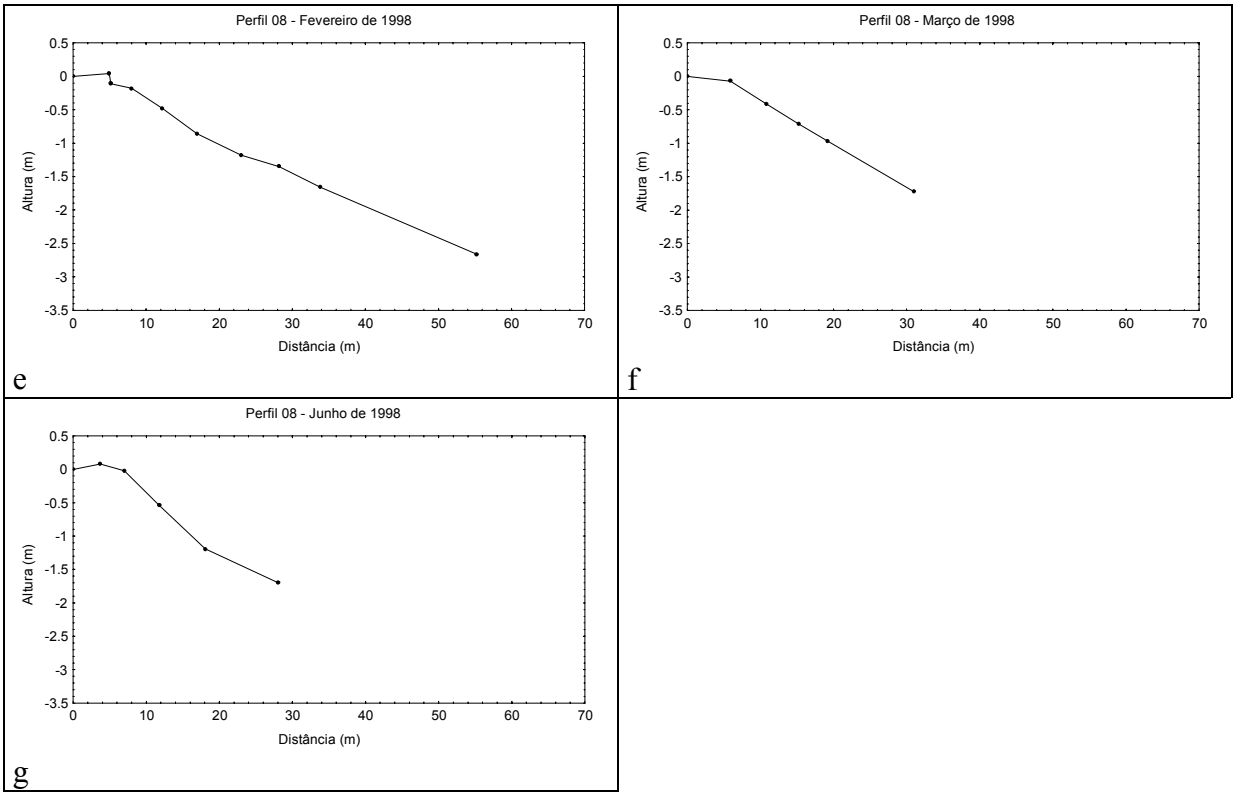


Figura 3.10: Morfologia do perfil 08 nos diversos levantamentos.



Foto 3.13: Vista da praia no perfil 08 no levantamento de agosto de 1996, onde pode-se observar o cordão de dunas frontais bem desenvolvido e com vegetação densa, avançando sobre a praia.

Em fevereiro de 1997 a face praial apresentava declividade mais baixa (3,12º) com cúspides com espaçamento médio entre as cristas de 16 m. No cordão de dunas frontais observou-se erosão e a formação de uma escarpa de 0,40 m de altura (Figura 3.10b).

No levantamento de junho de 1997 a extensão do perfil emerso era muito pequena e a declividade da face praial aumentou muito passando para 6,68º, próximo ao perfil pode-se observar a presença de pequenas escarpas de praia (Figura 3.10c).

Em setembro de 1997 a declividade da face praial era mais suave, com ângulo de inclinação de 2,93º, a altura da escarpa era de 0,22 m (Figura 3.10d).

No levantamento de fevereiro de 1998 observou-se na face praial cúspides incipientes na parte alta da praia, e uma berma e canal na parte intermediária da praia. A altura da escarpa diminuiu para 0,15 m, com a vegetação avançando sobre a praia (Figura 3.10e).

Em março de 1998 a declividade da face praial aumentou para 3,71º, e próximo ao perfil ocorriam cúspides irregulares com espaçamento entre as cristas variando entre 11 e 20 m. Em direção ao continente observou-se deposição além da linha de costa, na área vegetada, e a formação de dunas incipientes (Figura 3.10f).

A morfologia da praia, em junho de 1998, apresentava cúspides erosivas na parte superior da face praial, a declividade do perfil era maior com o ângulo de 4,56º. A duna frontal estava mais desenvolvida e com altura de 0,10 m (Figura 3.10g).

A morfologia da praia no perfil 09 esteve constituída pela face praial, em todos os períodos de monitoramento, com um degrau (*step*) no limite entre a face praial e a *nearshore*. A declividade da face praial apresentou-se sempre alta com média de 6,51º. No limite superior da praia a linha de costa era constituída por um enrocamento (Foto 3.14, Figura 3.11).



Foto 3.14: Vista do perfil 09 no levantamento de fevereiro de 1998. Observe-se o enrocamento no limite superior da praia.

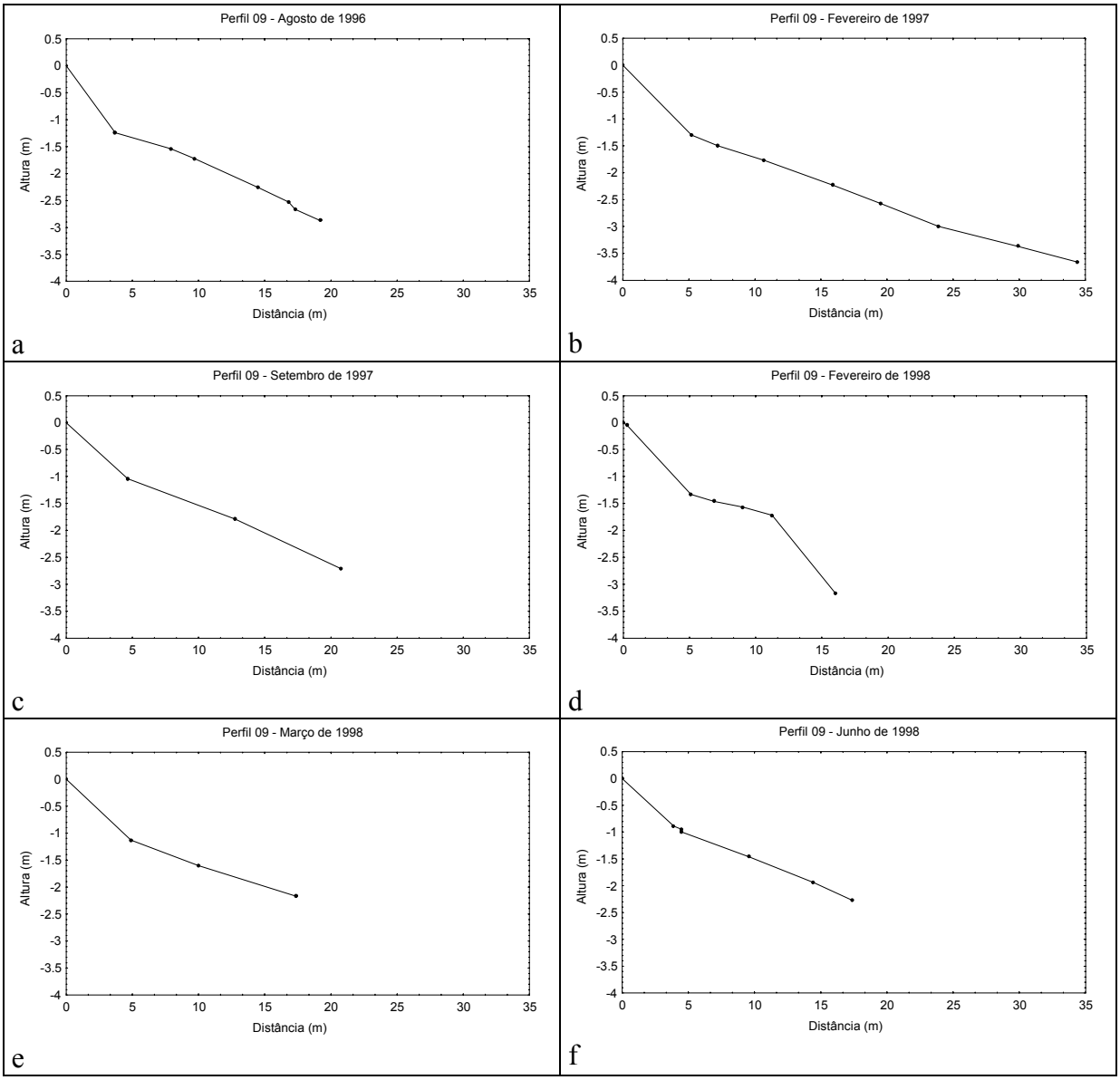


Figura 3.11: Morfologia do perfil 09 nos diversos levantamentos.

3.1.3.2 Variação de volumes

O balanço sedimentar dos perfis apresentou diferenças entre o monitoramento sazonal e o monitoramento do período completo, agosto de 1996 a junho de 1998, como será descrita adiante. Isto deve-se ao fato dos perfis, principalmente o perfil levantado em junho de 1997 após a ressaca, terem diferenças em suas extensões, neste levantamento o perfil foi sempre muito curto. Devido a isto, os resultados do balanço sedimentar serão apresentados em separado, balanço sazonal e balanço completo, para que a análise seja mais próxima do real.

O resultado do balanço sedimentar no perfil 01, considerando somente o monitoramento sazonal (verão e inverno) apresentou um déficit no volume de areia de −218,23 m^3 no período de agosto de 1996 (inverno) a fevereiro de 1998 (verão) (Tabela 3.3).

Tabela 3.3: Volumes depositados e erodidos ao longo do perfil 01 no monitoramento sazonal (m^3).

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	176,03	40,30	32,17	248,50
Deposição	13,45	9,68	7,14	30,27
Saldo	-162,58	-30.61	-24,85	-218,23

Porém, quando inclui-se na análise os dados referente aos levantamentos realizados em junho de 1997, março e junho de 1998, observa-se que o déficit de areia é de apenas −35,47 m^3 (Tabela 3.4).

Tabela 3.4: Volumes depositados e erodidos ao longo do perfil 01 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	176,03	76,28	50,06	32,17	102,93	18,29	455,76
Deposição	13,45	14,93	80,79	7,14	219,21	85,11	420,63
Saldo	-162,58	-61,35	30,74	-24,85	116,28	66,29	-35,47

Numa análise individual para cada período observa-se que de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 (inverno e verão) houve o maior déficit de areia (-162,58 m^3) e de fevereiro a março de 1998 o maior superávit (116,28 m^3)

O perfil 02 apresentou um déficit no volume de areia de −322,63 m^3 no monitoramento sazonal (Tabela 3.5). No balanço geral, considerando todos os períodos, o déficit aumenta para −772,01 m^3 (Tabela 3.6).

Tabela 3.5: Volumes depositados e erodidos ao longo do perfil 02 no monitoramento sazonal (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	355,76	88,42	0,32	444,50
Deposição	8,65	6,94	106,28	121,87
Saldo	-347,11	-81.49	105,96	-322,63

Tabela 3.6: Volume depositados e erodidos ao longo do perfil 02 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3).

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	355,76	90,35	170,97	0,32	281,36	28,83	927,59
Deposição	8,65	4,40	3,27	106,28	13,76	19,21	155,57
Saldo	-347,11	-85,95	-167,70	105,96	-267,59	-9,62	-772,01

Analisando os dados das tabelas 3.5 e 3.6 verifica-se que o maior déficit (-347,11 m³) corresponde ao período de agosto de 1996 a fevereiro 1997. Neste perfil somente o período de setembro de 1997 a fevereiro de 1998 apresentou superávit (105,96 m³) de areia.

No perfil 03 o balanço sedimentar do monitoramento sazonal resultou num déficit de −152,85 m^3 (Tabela 3.7). No balanço geral, agosto de 1996 a junho 1998, o resultado foi um superávit de 119,55 m³ (Tabela 3.8).

Tabela 3.7: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 03 no monitoramento sazonal (m^3).

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	1,13	147,31	85,74	234,18
Deposição	81,33	0,00	0,00	81,33
Saldo	80,20	-147,31	-85,74	-152,85

Tabela 3.8: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 03 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3).

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	1,13	0	86,26	85,74	2,66	42,60	218,69
Deposição	81,33	99,14	0	0	103,12	54,22	337,81
Saldo	80,20	99,14	-86,26	-85,74	100,46	11,61	119,55

O balanço sedimentar do perfil 04 no monitoramento sazonal apresentou um déficit de areia de −328,36 m^3 (Tabela 3.9). Tendo sido verificado o maior déficit no período de fevereiro a setembro de 1997, −209,24 m³.

Tabela 3.9: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 04 no monitoramento sazonal (m³).

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	88,38	215,28	42,40	346,06
Deposição	6,05	6,04	5,61	17,70
Saldo	-82,33	-209,24	-36,79	-328,36

Considerando todos os levantamentos o déficit ficou em −132,39 m³, sendo o maior déficit no período entre agosto de 1996 a fevereiro de 1997, −82,33 m³. Neste perfil apenas o período entre março e junho de 1998 apresentou superávit, 81,72 m³ (Tabela 3.10).

Tabela 3.10: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 04 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3).

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	88,38	30,69	40,59	42,40	36,99	10,12	249,17
Deposição	6,05	7,43	5,36	5,61	0,49	91,84	116,73
Saldo	-82,33	-23,25	-35,22	-36,79	-36,50	81,72	-132,39

O resultado do balanço sedimentar para o perfil 05 apresentou um déficit de areia de −373,08 m^3 no levantamento sazonal (Tabela 3.11), e um déficit de −241,05 m³ considerando todos os períodos de monitoramento (Tabela 3.12).

Tabela 3.11: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 05 no monitoramento sazonal (m³)

Período	21/08/96 a 19/02/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	186,41	173,33	28,89	388,63
Deposição	0,00	0,00	15,55	15,55
Saldo	-186,41	-173,33	-13,34	-373,08

Tabela 3.12: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 05 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3).

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	186,41	30,97	82,63	28,89	29,21	20,99	379,10
Deposição	0	0	2,86	15,55	3,51	116,13	138,05
Saldo	-186,41	-30,97	-79,76	-13,34	-25,70	95,13	-241,05

Analisando as tabelas observa-se que somente no período de março a junho de 1998 o saldo foi positivo, 95,13 m³, e o maior déficit ocorreu no período de agosto de 1996 a fevereiro de 1997, −186,41 m³.

No perfil 06 o saldo do balanço sedimentar no monitoramento sazonal resultou num déficit de −180,35 m³ de areia (Tabela 3.13). O déficit maior ocorreu no período entre fevereiro e setembro de 1997, −162,56 m³. Considerando todos os períodos de monitoramento o saldo é positivo 3,71 m³ (Tabela 3.14), com superávit observado apenas no período entre março e junho de 1998 (86,04 m³).

Tabela 3.13: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 06 no monitoramento sazonal (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	32,20	165,12	19,98	217,30
Deposição	28,98	2,56	5,41	36,95
Saldo	-3,22	-162,56	-14,57	-180,35

Tabela 3.14: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 06 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	32,20	12,06	29,47	19,98	46,95	8,42	149,08
Deposição	28,98	2,04	0,86	5,41	20,44	95,06	152,79
Saldo	-3,22	-10,02	-28,61	-14,57	-26,51	86,64	3,71

No perfil 07, o balanço sedimentar resultou num déficit de −295,18 m^3, no monitoramento sazonal (Tabela 3.15). No monitoramento total, agosto de 1996 a junho de 1998, o déficit foi de −304,76 m³ (Tabela 3.16). Analisando a duas tabelas verifica-se que o maior déficit, −157, 08 m³, ocorreu entre setembro de 1997 e fevereiro de 1998.

Tabela 3.15: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 07 no monitoramento sazonal (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	26,56	129,80	157,63	313,99
Deposição	18,26	0,00	0,55	18,81
Saldo	-8,30	-129,80	-157,08	-295,18

Tabela 3.16: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 07 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	26,56	1,79	33,72	157,63	9,30	108,42	357,42
Deposição	18,26	3,82	0	0,55	10,03	0	32,66
Saldo	-8,30	2,03	-33,72	-157,08	0,73	-108,42	-304,76

No perfil 08, o volume de areia erodido foi de −10,11 m^3, no monitoramento sazonal (Tabela 3.17), e de −18,64 m³ no monitoramento total (Tabela 3.18). O maior déficit de areia, −76,43 m³, ocorreu no período entre agosto de 1996 e fevereiro de 1997.

Tabela 3.17: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 08 no monitoramento sazonal (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	81,76	27,94	1,30	111,00
Deposição	5,33	11,44	84,12	100,89
Saldo	-76,43	-16,50	82,82	-10,11

Tabela 3.18: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 08 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	81,76	0,07	2,25	1,30	13,77	26,69	125,84
Deposição	5,33	8,20	0	84,12	1,84	7,71	107,20
Saldo	-76,43	8,13	-2,25	82,82	-11,93	-18,98	-18,64

No perfil 09 o balanço sedimentar foi positivo, 10,17 m^3 de areia, no monitoramento sazonal (Tabela 3.19), e 59,47 m³ no levantamento total (Tabela 3.20). Tanto num como no outro o único período que apresentou déficit foi entre setembro de 1997 e fevereiro de 1998, −38,64 m³. Neste perfil não foi realizado o levantamento de junho 1997, logo após a ressaca.

Tabela 3.19: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 09 no monitoramento sazonal (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	Total
Erosão	0,29	0	38,70	38,99
Deposição	23,82	25,28	0,06	49,16
Saldo	23,53	25,28	-38,64	10,17

Tabela 3.20: Volume depositado e erodido ao longo do perfil 09 considerando todos os períodos de monitoramento (m^3)

Período	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Total
Erosão	0,29	0	38,70	0,07	1,40	40,46
Deposição	23,82	25,28	0,06	41,44	9,33	99,93
Saldo	23,53	25,28	-38,64	41,37	7,93	59,47

3.1.3.3 Variações da linha de costa nos perfis

Os resultados do monitoramento da variação da linha de costa nos perfis no período de agosto de 1996 a junho de 1998 estão apresentados nas tabelas 3.21, 3.22 e 3.23.

Tabela 3.21: Variação da posição da linha de costa acumulada nos períodos de levantamento dos perfis (m).

Período Perfis	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98	Taxa cm/dia
Perfil 01	1,40	0,80	-4,30	-5,40	-5,30	-6,30	-0,95
Perfil 02	1,00	3,80	-0,50	-0,65	-0,40	-1,20	-0,18
Perfil 03	0,00	-0,60	-5,80	-7,12	-6,80	-11,05	-1,66
Perfil 04	2,10	-3,40	-7,00	-8,25	-8,30	-8,95	-1,34
Perfil 05	-3,20	-6,40	-13,40	-14,80	-14,80	-13,65*	-2,05
Perfil 06	0,00	-4,05	-8,20	-9,00	-9,10	-9,00	-1,35
Perfil 07	0,10	0,55	-2,40	-7,40	-8,10	-10,75	-1,61
Perfil 08	-4,70	-5,40	-5,30	-5,95	-5,20	-4,10	-0,62
Perfil 09	1,50	-	0,95	1,20	1,20	0,20	0,03
Média	-0,20	-1,84	-5,11	-6,37	-6,31	-7,20	

* Neste período foi construído um enrocamento.

Tabela 3.22: Variação da posição da linha de costa por período (m)

Período Perfis	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98
Perfil 01	1,40	-0,60	-5,10	-1,10	1,10	-1,00
Perfil 02	1,00	2,80	-4,30	-0,15	0,25	-0,80
Perfil 03	0,00	-0,60	-5,20	-1,32	0,32	-5,00
Perfil 04	2,10	-5,50	-3,60	-1,25	-0,05	-0,65
Perfil 05	-3,20	-3,20	-7,00	-1,40	0,00	1,15
Perfil 06	0,00	-4,05	-4,30	-0,65	-0,10	0,10
Perfil 07	0,10	0,45	-2,95	-5,00	-0,70	-2,65
Perfil 08	-4,70	-0,70	0,10	-0,65	0,75	1,10
Perfil 09	1,50	-	*-0,55	0,25	0,00	-1,00
Média	-0,20	-1,43	-3,66	-1,25	0,17	-0,97

* Valor em relação ao levantamento de 19/02/97.

Tabela 3.23: Taxas de variação da linha de costa (cm/dia)

Período Perfis	21/08/96 a 19/02/97	19/02/97 a 03/06/97	03/06/97 a 04/09/97	04/09/97 a 18/02/98	18/02/98 a 17/03/98	17/03/98 a 18/06/98
Perfil 01	0,77	-0,58	-5,48	-0,66	4,07	-1,08
Perfil 02	0,55	2,69	-4,62	-0,09	0,93	-0,86
Perfil 03	0,00	-0,58	-5,59	-0,79	1,19	-5,38
Perfil 04	1,15	-5,29	-3,87	-0,75	-0,19	-0,70
Perfil 05	-1,76	-3,08	-7,53	-0,84	0,00	1,24
Perfil 06	0,00	-3,89	-4,62	-0,39	-0,37	0,11
Perfil 07	0,05	0,43	-3,17	-2,99	-2,59	-2,85
Perfil 08	-2,58	-0,67	0,11	-0,39	2,78	1,18
Perfil 09	0,82	-	*-0,28	0,15	0,00	-1,08
Média	-0,11	-1,37	-3,89	-0,75	0,65	-1,05
Média**	0,85	2,15	3,92	0,78	1,35	1,61

* Valor em relação ao levantamento de 19/02/97

** Velocidade média de variação da linha de costa (avanço ou recuo)

Todos os perfis, exceto o perfil 09, apresentaram recuo da linha de costa no período, que variou entre 13,65 e 1,20 m, com valor médio de 7,20 m. As taxas de recuo variaram de

2,05 a 0,18 cm/dia, com uma velocidade média de 1,08 cm/dia. Cabe mencionar que no perfil 05 o recuo acumulado entre 21/08/96 e 18/02/98 foi de 14,80 m a uma taxa média de 2,71 cm/dia, a mais alta verificada entre todos os perfis. Este recuo foi interrompido pela construção de uma enrocamento.

O perfil 09, localizado no interior da baía (Figura 3.2), apresentou as menores variações, com uma taxa média de 0,03 cm/dia.

3.1.3.4 Relações entre a morfologia das praias e as variações de volumes e posição da linha de costa

No perfil 01, numa análise individual de cada levantamento, observou-se que os períodos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 e fevereiro a março de 1998 apresentaram as maiores variações no volume de areia (-162,58 m³ e +116,28 m³) (Tabelas 3.3 e 3.4). Estas variações de volume parecem estar associadas a destruição e reconstrução de bermas, que foram observadas no início do primeiro período e no final do segundo, quando os volumes de areia medidos foram maiores ao longo do perfil. O maior recuo da linha de costa, entre junho e setembro de 1997 (Tabela 3.22), foi ocasionado pela erosão do cordão de dunas frontais externo pelas ondas de tempestades (Figura 3.12).

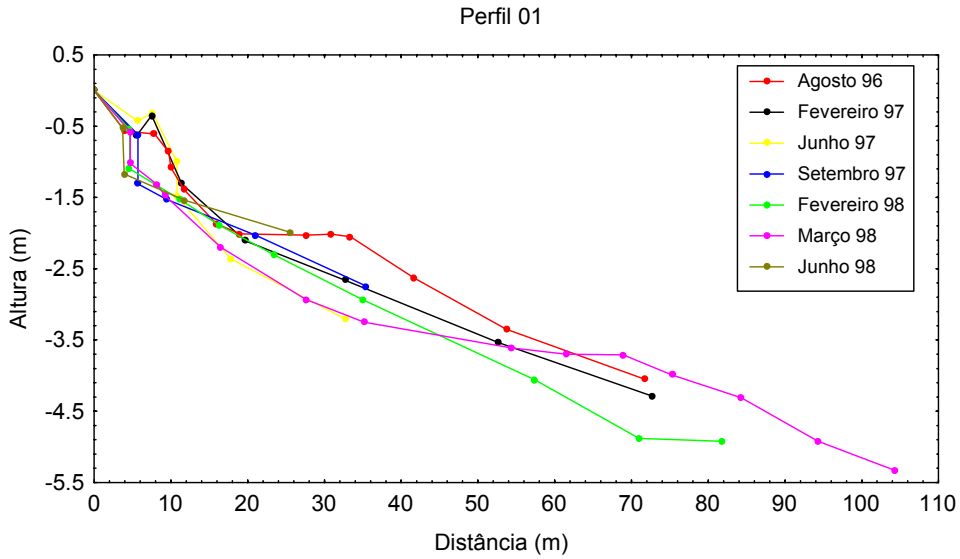


Figura 3.12: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 01

No perfil 02 verificou-se que o maior déficit no volume de areia corresponde ao período de agosto de 1996 a fevereiro 1997 (-347,11 m³), e somente o período de setembro de 1997 a fevereiro de 1998 apresentou superávit (105,96 m³) (Tabela 3.5 e 3.6). Estas variações estão relacionadas às mudanças na declividade da face praial e a ocorrência de bermas e

cúspides. Em agosto o declive era mais suave (1,58º) e ocorriam bermas e cúspides, já em fevereiro de 97 a declividade era maior (3.26º) e a face praial era lisa. Em setembro de 97 e fevereiro de 98 observou-se novamente uma diminuição do declive da face praial que teria ocasionando o superávit (105,96 m³) observado no período (Figura 3.13).

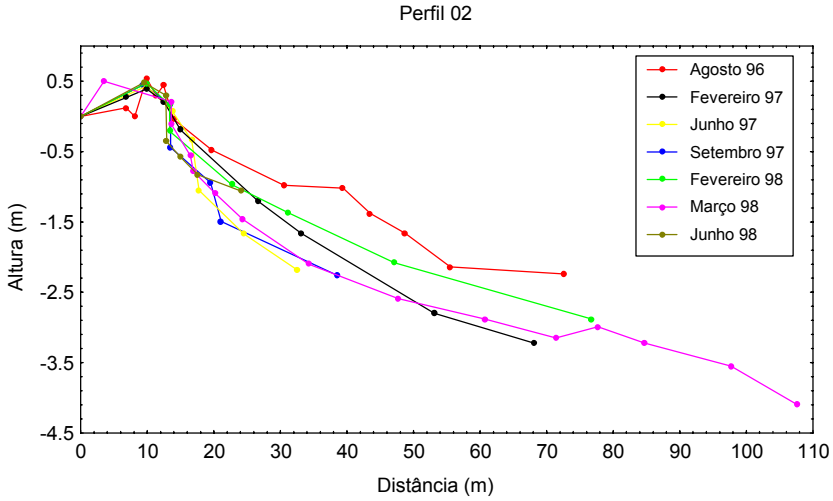


Figura 3.13: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 02.

No perfil 03 as diferenças nos resultados do balanço sedimentar estão relacionadas principalmente às mudanças da declividade da face praial e ao recuo da linha de costa. O período de fevereiro a setembro de 1997, onde foi constatado o maior déficit de areia (–147,31 m³) (Tabela 3.7) coincide com o maior recuo da linha de costa (5,8 m) (Tabela 3.22). Neste período foram constatadas as maiores declividades da face praial, sendo de 5,71º no levantamento de junho de 97 e 4,21º no de setembro do mesmo anos (Figura 3.14).

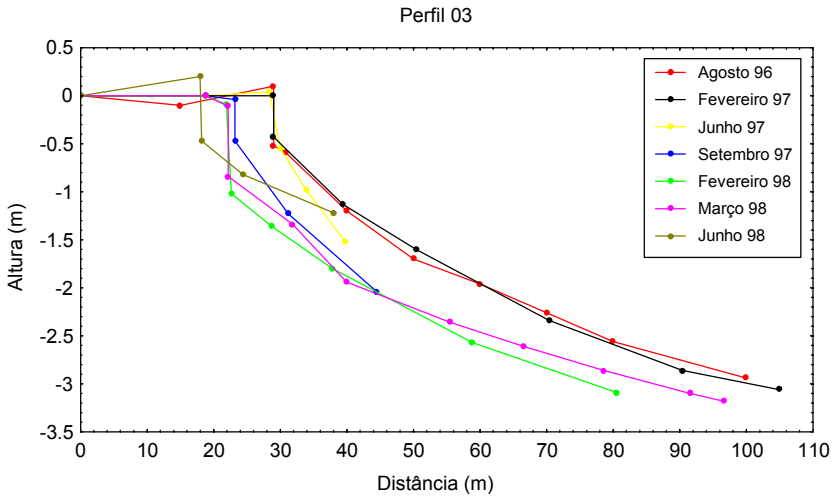


Figura 3.14: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 03.

No perfil 04 no período de fevereiro a setembro de 1997 ocorreu o maior déficit no volume de areia (–209,24 m³) (Tabela 3.9), ocasionado pela erosão da face praial, destruição do cordão de dunas frontais (Foto 3.8) e recuo da linha de costa (9,10 m) (Tabela 3.22, Figura 3.15).

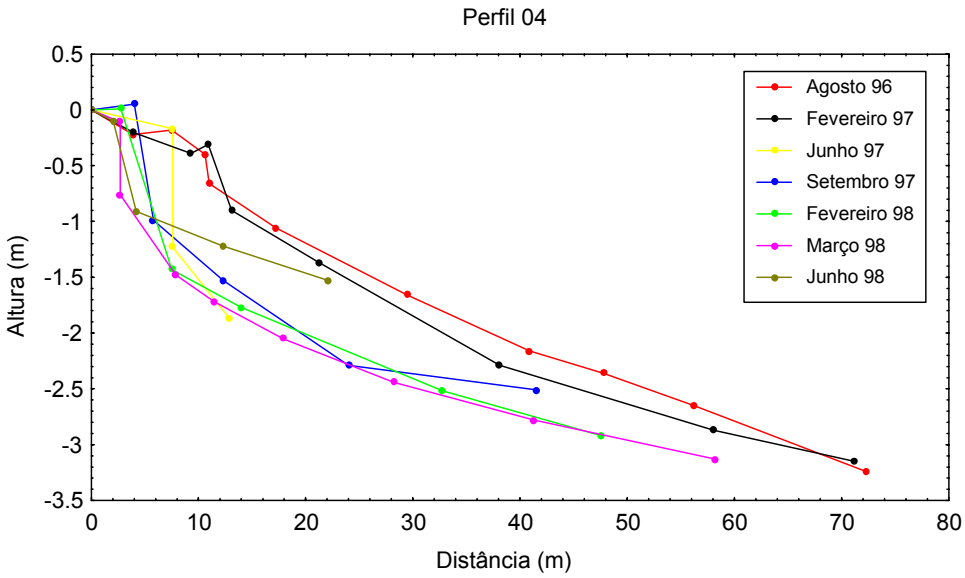


Figura 3.15: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 04.

No perfil 05 verificou-se a maior taxa de recuo da linha de costa (2,71 cm/dia) entre os perfis levantados. Sendo que entre junho e setembro de 1997 a taxa foi de 7,53 cm/dia (Tabela 3.21, Figura 3.16). Após o levantamento de fevereiro de 1998 foi construído um enrocamento que estabilizou a linha de costa (Foto 3.15). Os déficit de areia verificados neste perfil podem ser relacionados tanto ao recuou da linha de costa como às mudanças da declividade da face praial (Tabela 3.11).

O muro da casa utilizado como ponto de referência no primeiro levantamento foi parcialmente destruído, bem como os enrocamentos existentes ao longo da praia em áreas próximas ao perfil (Foto 3.15).

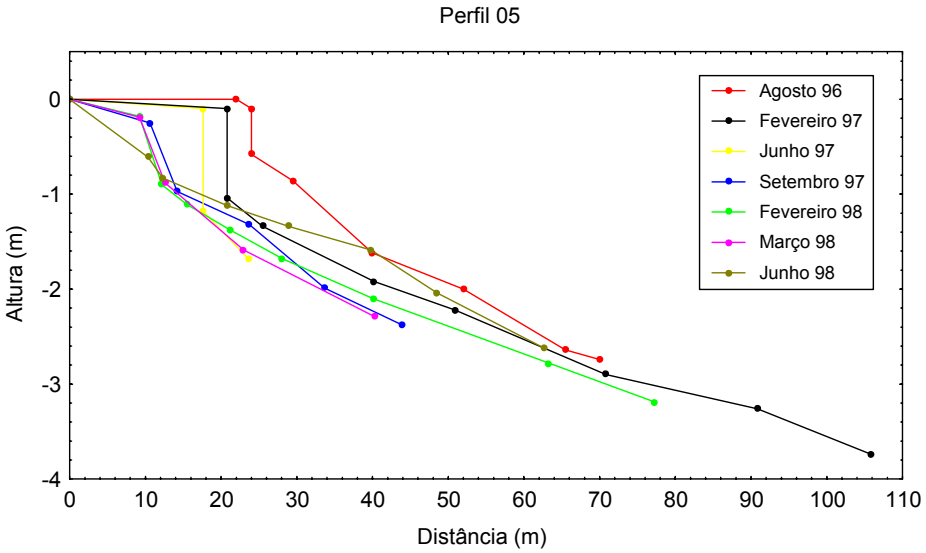


Figura 3.16: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 05.

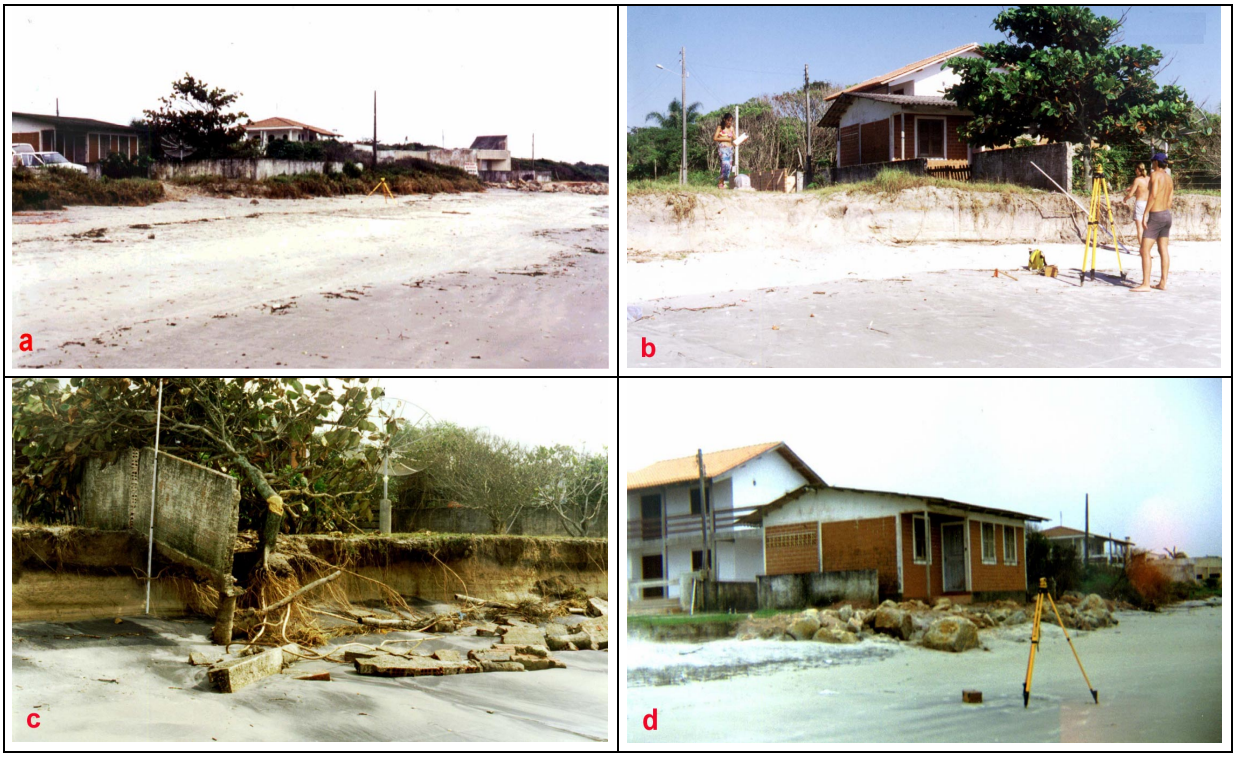


Foto 3.15: Vista do perfil 5 nos levantamentos de agosto de 1996 (a), fevereiro de 1997 (b), junho de 1997 (c) e setembro de 1997 (d), onde pode-se observar a destruição progressiva do muro utilizado como referência no levantamento do perfil. O precário enrocamento que se observa no levantamento de setembro de 1997 (d) é a primeira tentativa de estabilização da linha de costa neste perfil.

O maior déficit no volume de areia no perfil 06 ocorreu no período entre fevereiro e setembro de 1997 (Tabela 13), isto pode estar relacionado ao desaparecimento da barra observada próximo a linha d'água no levantamento de fevereiro de 1997. Os maiores recuos da linha de costa neste perfil ocorreram no período entre fevereiro e setembro de 1997 (Tabela 3.21) ocasionado pela erosão do cordão de dunas frontais externo (Figura 3.17).

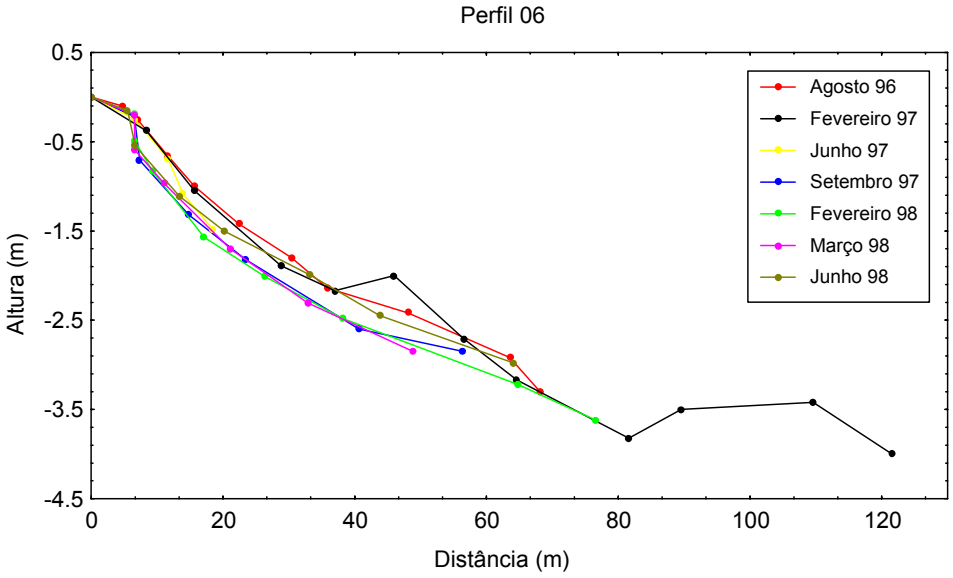


Figura 3.17: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 06.

No perfil 07 o maior déficit no volume de areia e o maior recuou da linha de costa ocorreram no período de fevereiro e setembro de 1997 (Tabelas 3.15 e 3.21), estas variações foram ocasionadas pela destruição do cordão de dunas frontais (Figura 3.18).

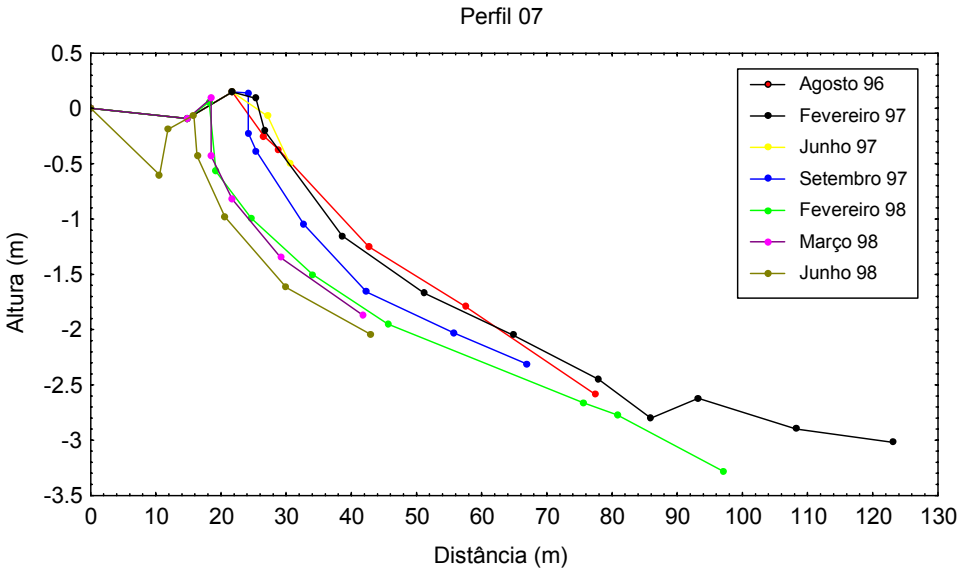


Figura 3.18: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 07.

No perfil 08 o maior déficit de areia ocorreu no período entre agosto de 1996 e fevereiro de 1997 (Tabela 3.17), coincidindo com o maior recuou da linha de costa (Tabela 3.22), estas mudanças estão relacionadas a destruição do cordão de dunas frontais (Figura 3.19).

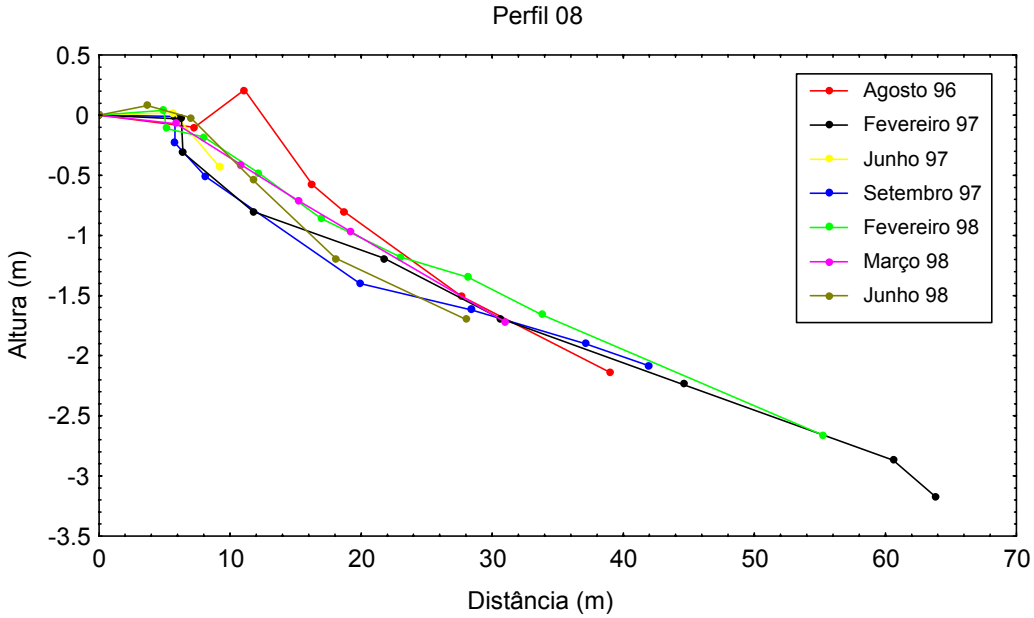


Figura 3.19: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 08.

No perfil 09 o balanço sedimentar e a posição da linha de costa não apresentaram variações significativas (Tabelas 3.17 e 3.21). Neste perfil no levantamento de fevereiro de 1998 observou-se uma diminuição na cota do último ponto do perfil. Este dado poderia estar indicando um déficit de areia no perfil ocasionado pelo aumento da altura do degrau (*step*) existente no limite entre a face praial e a *nearshore*, porém, também poderia estar relacionado apenas a um erro nas medidas de campo (Figura 3.20).

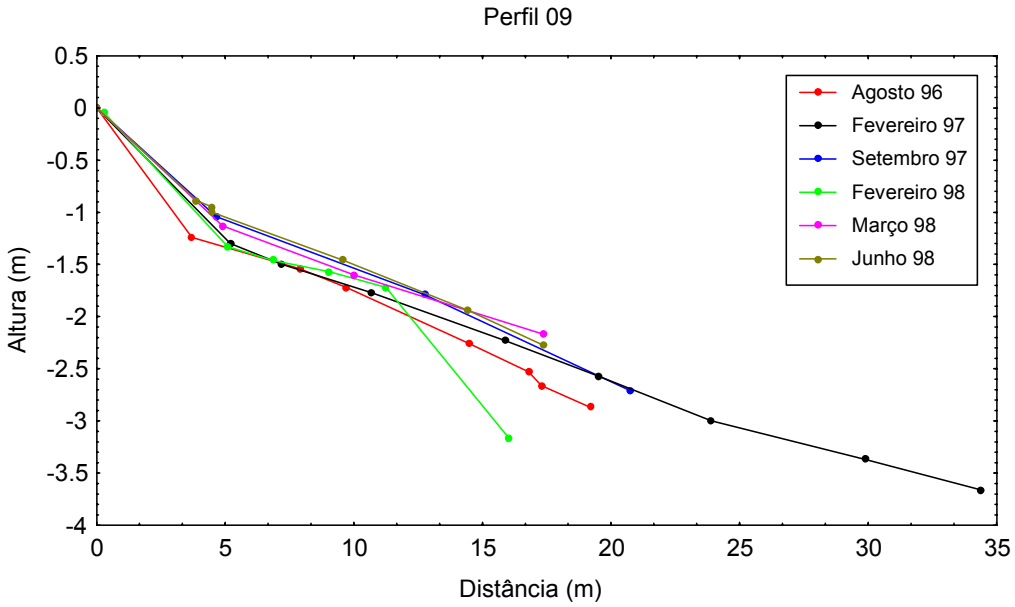


Figura 3.20: Comparação dos levantamentos planialtimétricos do perfil 09.

3.1.3.5 Variação sedimentológica

3.1.3.5.1 Variação granulométrica

Os valores médios dos resultados das análises granulométricas, ao longo dos perfis nos dois períodos (inverno de 1996 e verão de 1997), mostraram que os sedimentos são constituídos por areia fina, com tendência ao aumento da granulometria em direção a linha d'água, moderadamente selecionadas, assimetria negativa e curva extremamente leptocúrtica (Tabela 3.24).

Tabela 3.24: Valores médios dos resultados das análises granulométricas ao longo dos perfis nos levantamentos de inverno 1996 e verão 1997.

Perfil	Inverno (agosto 1996)				Verão (fevereiro 1997)			
	Diâmetro médio (ϕ)	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Diâmetro médio (ϕ)	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose
01	2,00	0,56	-0,16	3,92	2,25	0,50	-0,12	5,05
02	2,25	0,51	-0,32	4,10	2,33	0,56	-0,27	4,39
02	2,66	0,49	-0,11	3,70	2,06	0,65	0,00	4,21
04	2,16	0,51	-0,05	3,65	2,39	0,50	-0,19	5,73
05	2,53	0,46	0,06	3,69	2,54	0,48	-0,63	5,24
06	2,61	0,44	-0,16	4,60	2,37	0,55	-0,66	4,10
07	2,29	0,63	-0,22	2,69	2,37	0,64	-0,54	3,58
08	2,35	0,58	-0,41	3,40	2,52	0,61	-0,88	4,61
09	2,48	0,72	-0,69	2,90	2,52	0,49	-0,58	3,88
Média	2,37	0,54	-0,22	3,62	2,37	0,55	-0,43	4,53

No inverno de 1996 (agosto) a análise granulométrica das amostras do perfil 01 mostraram variações nos teores de areia média e areia fina ao longo do perfil, com tendência ao aumento dos teores de areia média em direção a linha d'água, os teores médios foram 54,30% de areia fina, 30,25% de areia média, 10,04% de areia grossa, 3,92% de areia muito fina e 1,47% de areia grossa. Os valores médios dos parâmetros estatísticos mostram que são areias moderadamente selecionadas, desvio padrão 0,56, assimetria negativa (-0,16), e curva extremamente leptocúrtica, curtose 3,92. Em direção a linha d'água o diâmetro aumentou, a seleção diminuiu e a assimetria ficou mais positiva (Figuras 3.21 e 3.22).

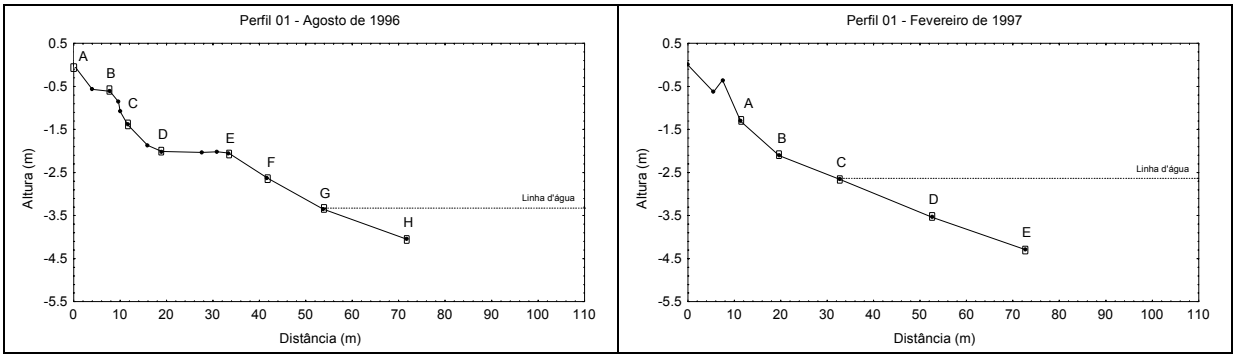


Figura 3.21: Distribuição dos pontos de amostragem ao longo do perfil 01 nos levantamentos de agosto de 1996 e fevereiro de 1997.

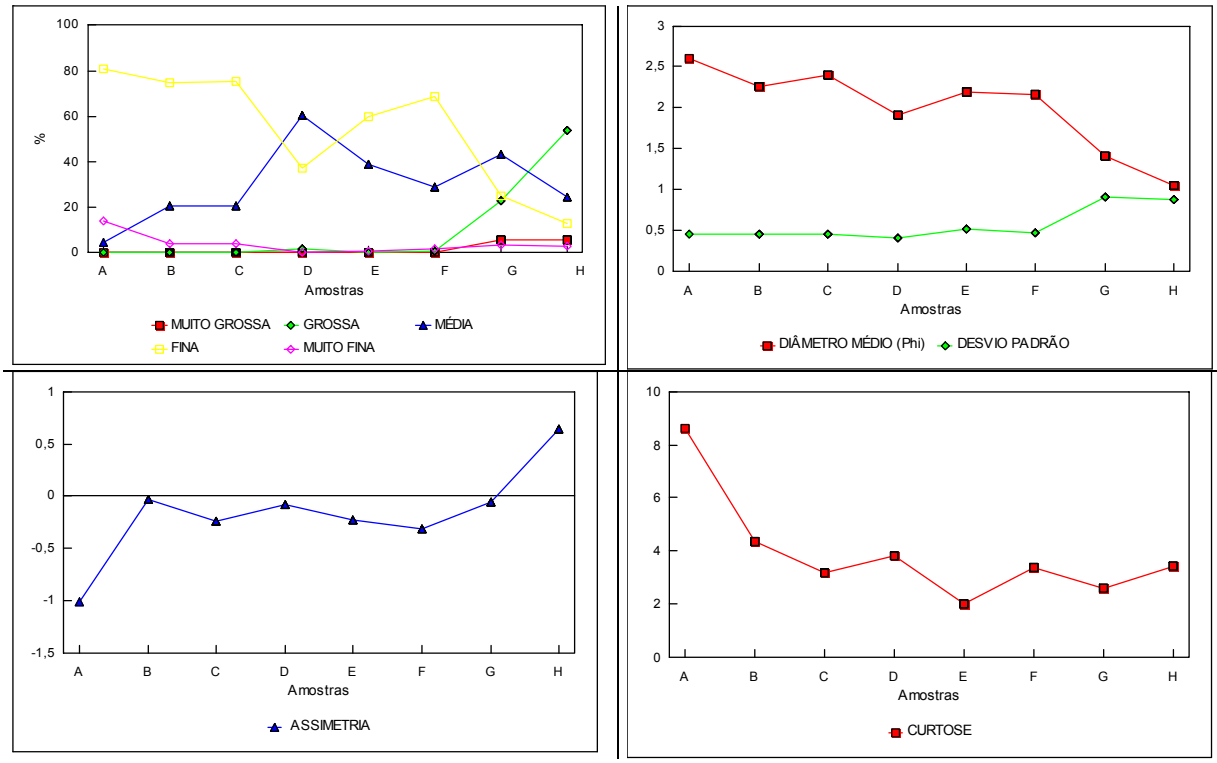
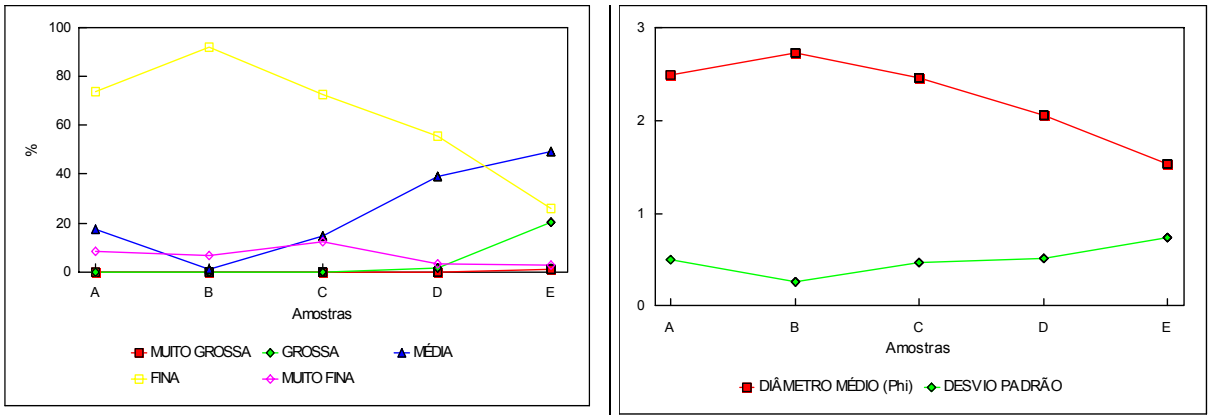


Figura 3.22: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 01 no levantamento de agosto de 1996.

No verão de 1997 (fevereiro) os teores médios foram 64,07% de areia fina, 24,37% de areia média, 6,74% de areia muito fina, 4,52% de areia grossa e 0,25% de areia muito grossa. As amostras apresentavam-se bem selecionadas, média do desvio padrão 0,50, assimetria negativa (-0,12) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 5,05. Em direção a linha d'água observa-se um aumento no diâmetro médio, diminuição da seleção e assimetria fica mais positiva (Figuras 3.21 e 3.23).



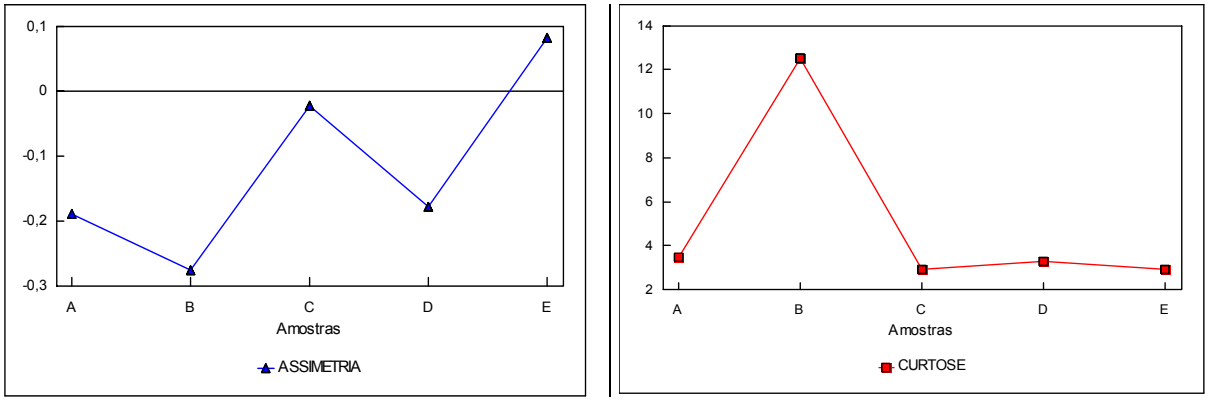


Figura 3.23: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 01 no levantamento de fevereiro de 1997.

Comparando os resultados dos dois períodos observa-se que no verão os teores tendem mais para os termos finos, diminuindo os teores dos termos mais grossos. Os parâmetros estatísticos mantém a mesma tendência de variação em direção a linha d'água nos dois períodos.

No perfil 02 os resultados das análises no levantamento de inverno 1996 (agosto) mostraram que as amostras são constituídas por areia fina, média do diâmetro médio 2,25ϕ, moderadamente selecionadas, média do desvio padrão 0,51, assimetria muito negativa (-0,32) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 4,10. Em direção a linha d'água observa-se um ligeira tendência de piora na seleção e aumento do diâmetro médio. Os teores médios foram 70,38% de areia fina, 20,03% de areia média, 6,28% de areia muito fina, 2,72% de areia grossa e 0,56% de areia muito grossa (Figuras 3.24 e 3.25).

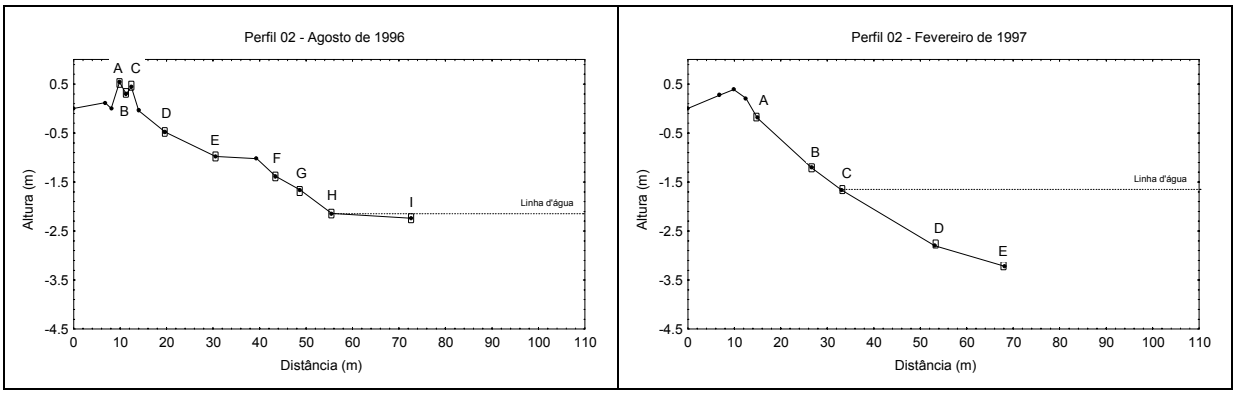


Figura 3.24: Distribuição das amostras ao longo do Perfi1 02 nos levantamentos de agosto de 1996 e fevereiro de 1997

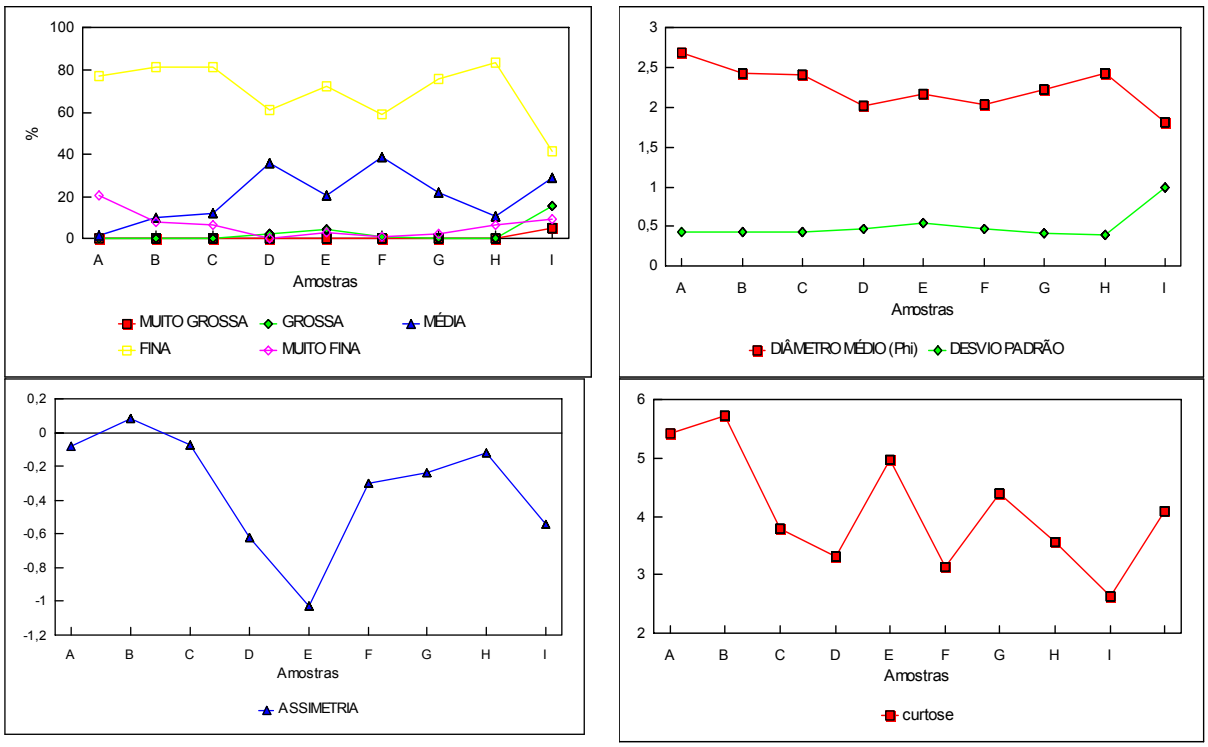
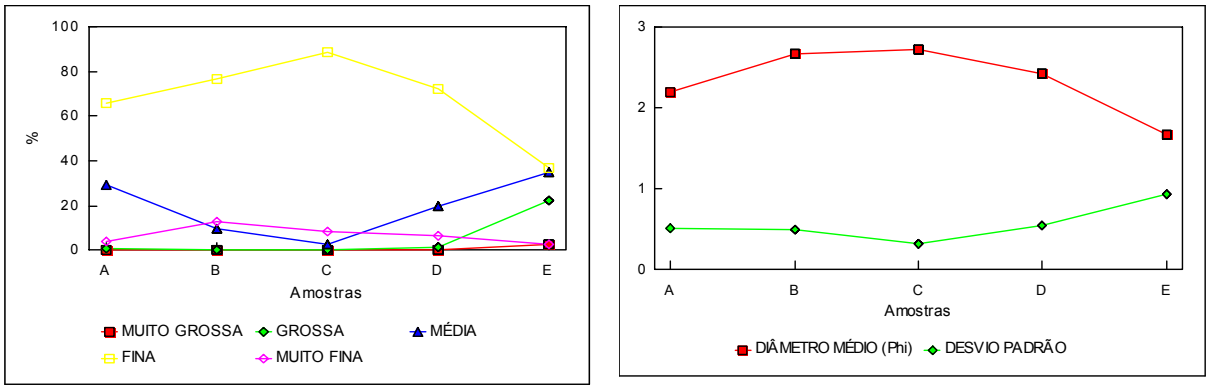


Figura 3.25: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 02 no levantamento de agosto de 1996.

No levantamento de fevereiro de 1997 (verão) a distribuição do diâmetro médio e do desvio padrão mostrou uma tendência curva, com termos mais finos e melhor selecionados na parte intermediária da praia e termos mais grossos e pior selecionados na linha d'água, os valores médios do diâmetro e do desvio foram 2,33ϕ e 0,56 respectivamente. As areias apresentam assimetria negativa (-0,27) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 4,39. Os teores médios de areia foram 68,15% de areia fina, 19,29% de areia média, 6,91% de areia muito fina, 4,91% de areia grossa e 0,61% de areia muito grossa (Figuras 3.24 e 3.26).



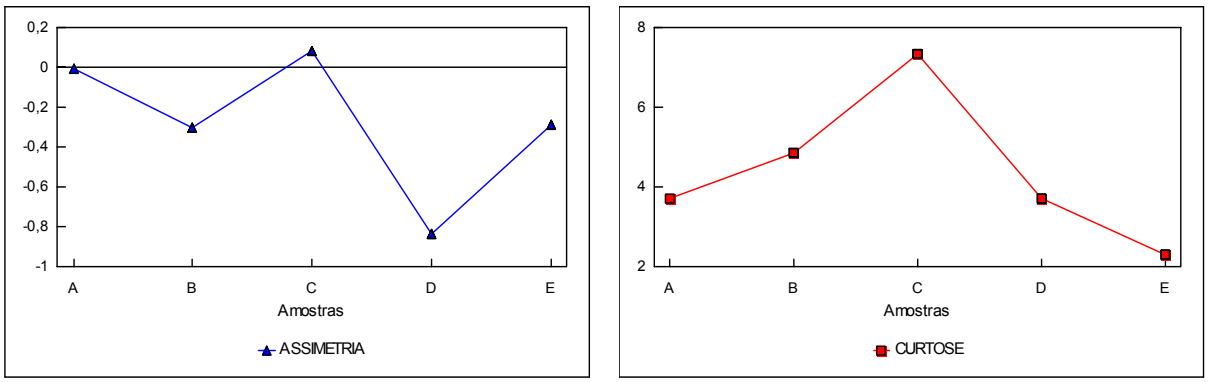


Figura 3.26: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 02 no levantamento de fevereiro de 1997.

Comparando os dois períodos observa-se que a distribuição dos parâmetros estatísticos apresenta a mesma tendência, tanto no inverno como no verão, sendo que no verão as amostras apresentam um pequeno aumento nos teores da fração mais grossa.

No levantamento de inverno no perfil 03 os resultados das análises mostraram que as amostras são constituídas de areia fina, média do diâmetro médio 2,66ϕ, moderadamente selecionadas, desvio padrão 0,49, assimetria negativa (-0,11) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 3,70. A distribuição dos parâmetros em direção a linha d'água, mostra uma tendência ao aumento do diâmetro e piora da seleção. Os teores médios de areia foram 59,67% areia fina, 29,03% areia muito fina, 9,20% areia média, 1,79% areia grossa e 0,22% areia muito grossa (Figuras 3.27 e 3.28).

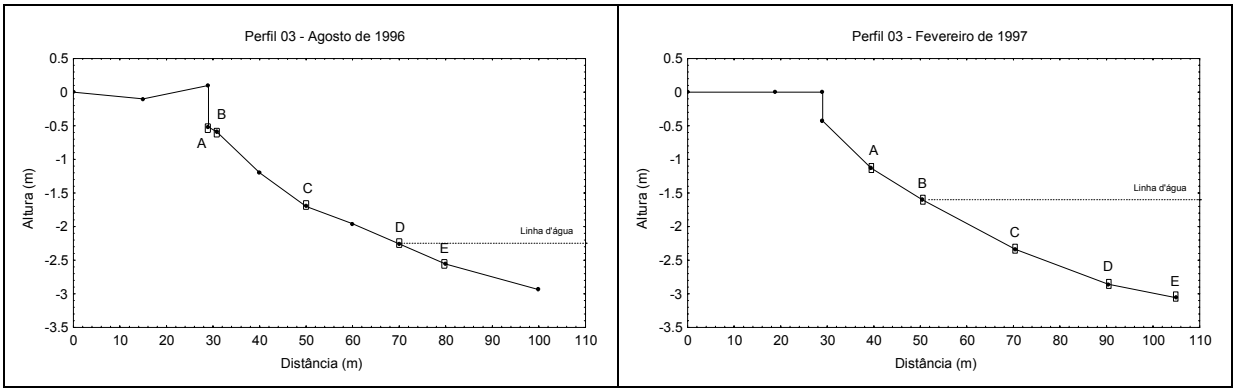


Figura 3.27: Distribuição das amostras ao longo do perfil 03 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997

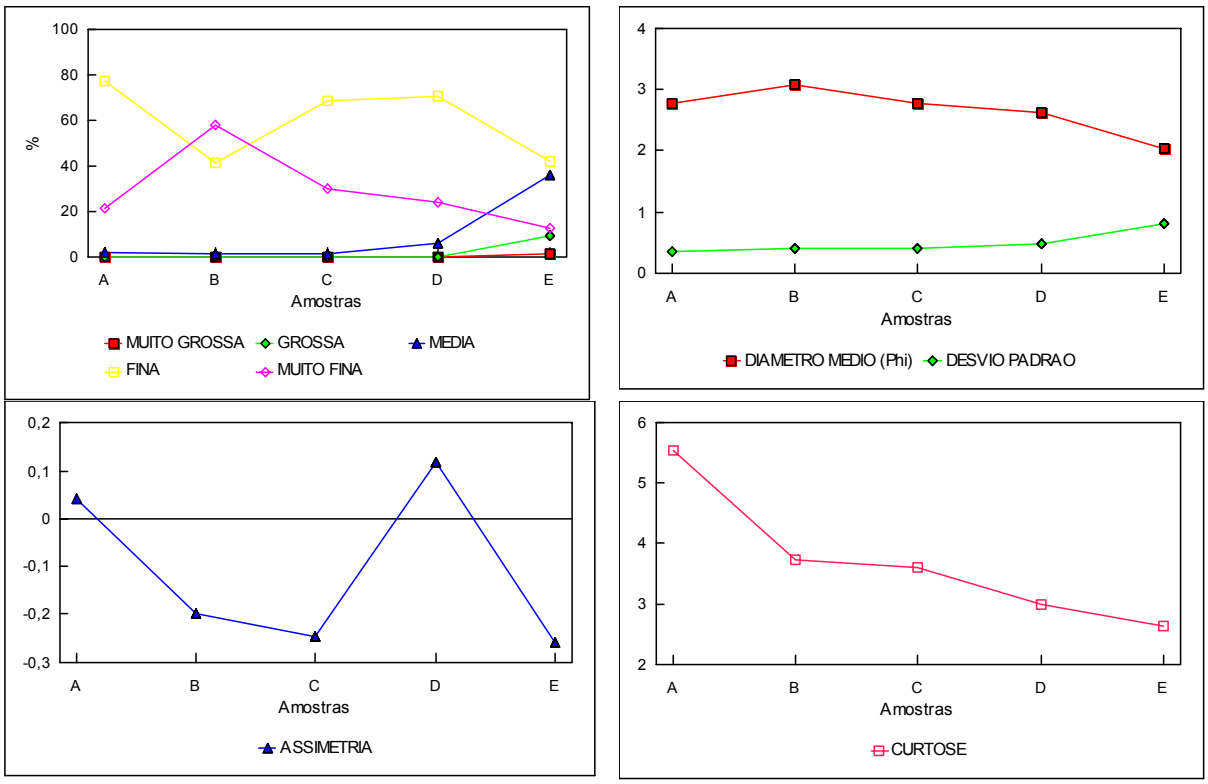
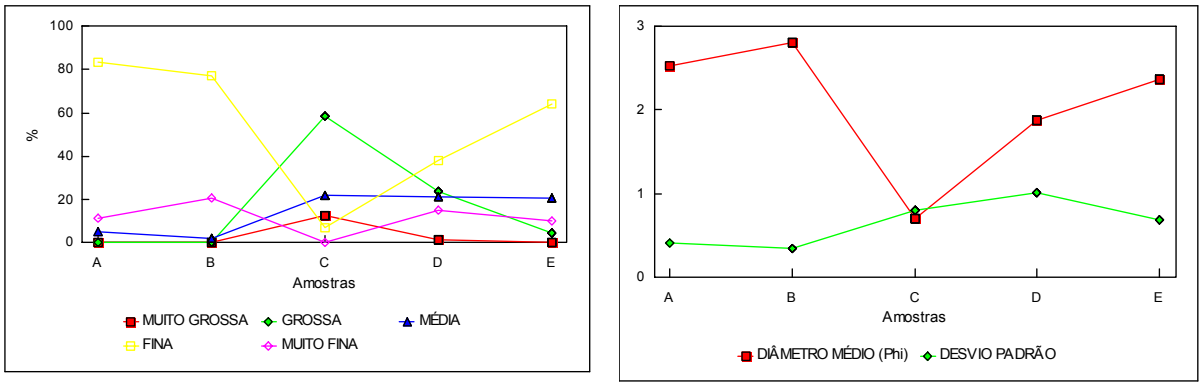


Figura 3.28: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 03 no levantamento de agosto de 1996.

Durante o verão o diâmetro médio apresenta uma distribuição descontínua, sendo os teores das frações mais grossas, maiores na parte intermediária da praia, a média do diâmetro médio foi de 2,06ϕ. As amostras apresentam assimetria aproximadamente simétrica (0,00) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 4,21, moderadamente selecionadas, desvio padrão médio 0,65. Tanto a assimetria como o desvio padrão seguem a mesma tendência do diâmetro. Os teores médios neste período foram 54,01% de areia fina, 17,35% de areia grossa, 14,12% de areia média, 11,57% de areia muito fina e 2,85% de areia muito grossa (Figuras 3.27 e 3.29).



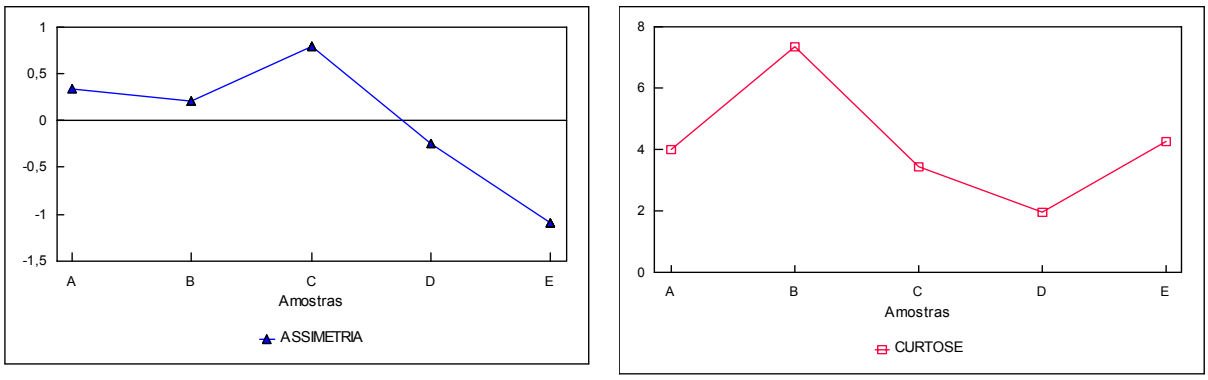


Figura 3.29: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 03 no levantamento de fevereiro de 1997.

No verão os teores da fração mais grossa aumentam muito em relação ao inverno. Apesar da distribuição dos parâmetros estatísticos apresentarem curvas diferentes, a tendência de variação em direção a linha d'água é igual nos dois períodos.

No perfil 04 as análises das amostras coletadas no inverno mostraram que os sedimentos são constituídos por areia fina, média do diâmetro médio 2,16ϕ, moderadamente selecionadas, média do desvio padrão 0,51, aproximadamente simétricas (-0,05) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 3,65. Em direção a linha d'água observa-se uma tendência para os termos mais grossos, piora na seleção e assimetria mais positiva e com teores médios de 61,06% areia fina, 26,69% areia média, 6,08% areia muito fina, 5,81% areia grossa e 0,34% areia muito grossa (Figuras 3.30 e 3.31).

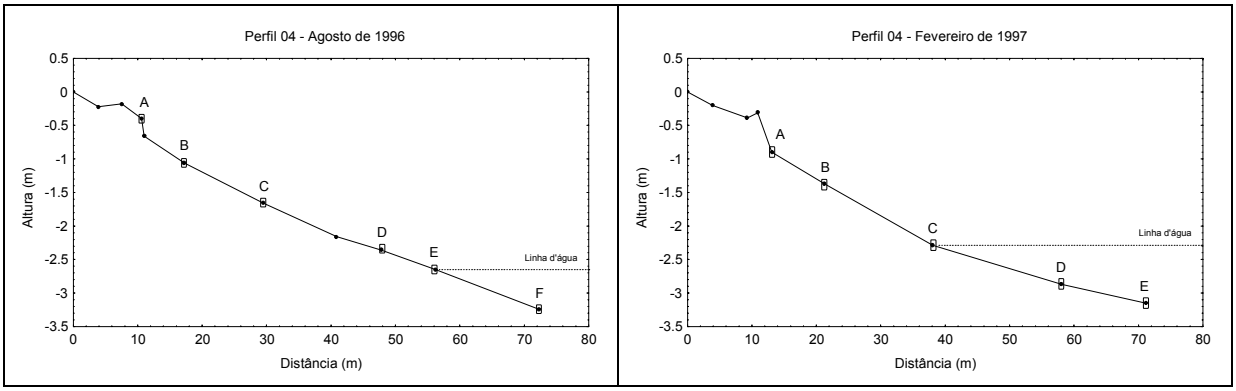


Figura 3.30: Distribuição das amostras ao longo do perfil 04 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997

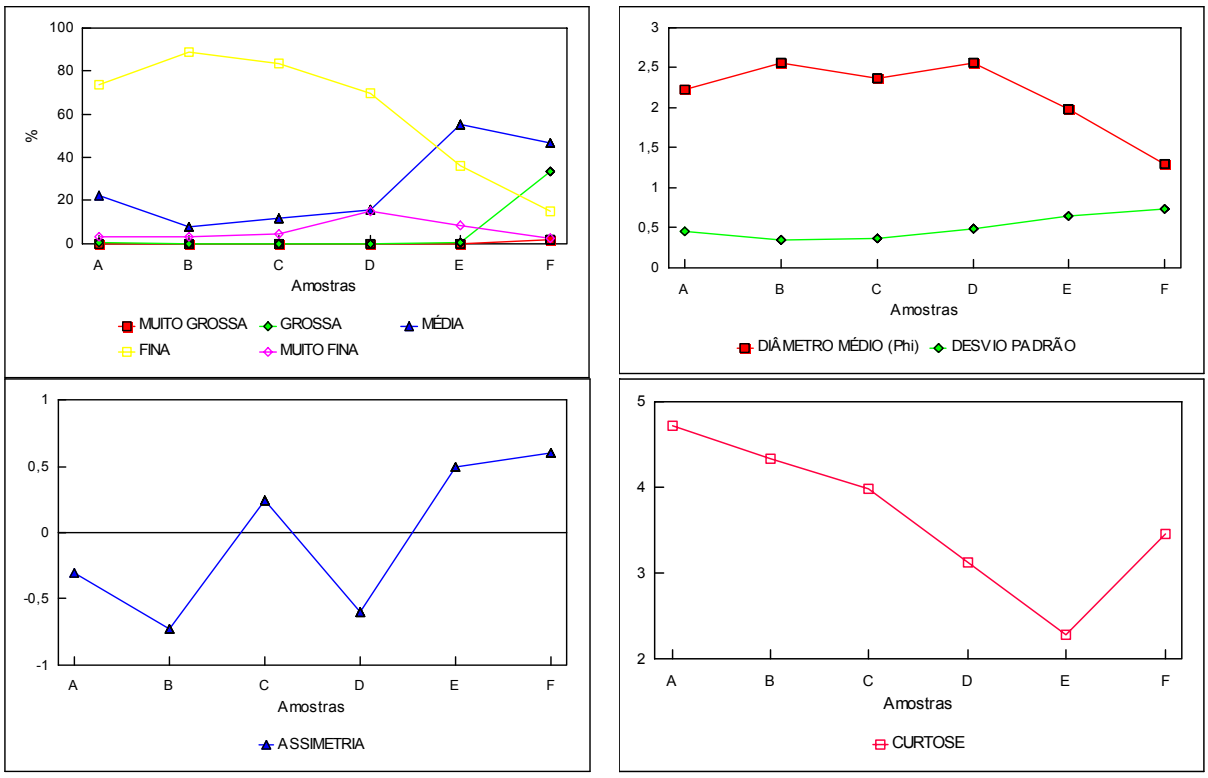
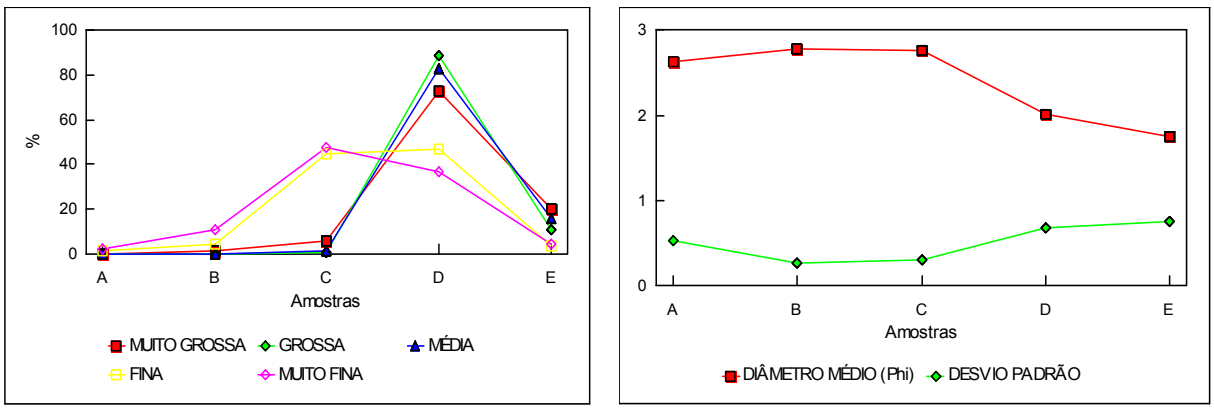


Figura 3.31: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 04 no levantamento de agosto de 1996.

No verão a média do diâmetro foi de 2,61ϕ, areia fina, moderadamente selecionada, desvio padrão 0,50, assimetria negativa (-0,19) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 5,73. Observando as curvas de distribuição dos parâmetros verifica-se uma tendência para termos mais grossos e piora da seleção em direção a linha d'água**.** Os teores médios foram de 65,57% areia fina, 19,67% areia média, 10,87% areia muito fina, 3,26% areia grossa e 0,57% areia muito grossa (Figuras 3.30 e 3.32).



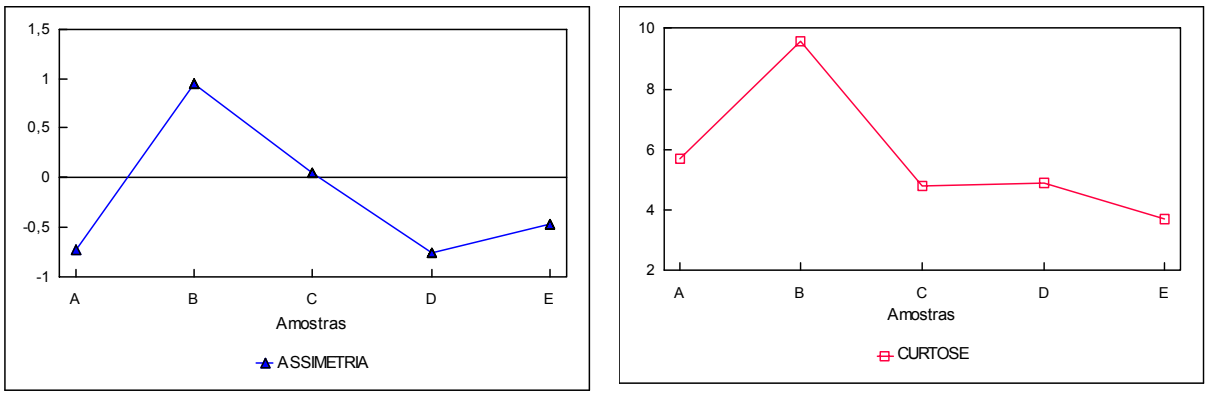


Figura 3.32: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 04 no levantamento de fevereiro de 1997.

Os resultados dos dois períodos mostraram-se muito similares. Apenas a assimetria apresentou diferenças, no inverno tendendo para termos mais positivos e no verão para mais negativos.

Os sedimentos no período de inverno no perfil 05 são constituídos por areia fina, média do diâmetro médio 2,53ϕ, bem selecionados, desvio padrão médio 0,46, aproximadamente simétricos, média da assimetria 0,06 e com curva extremamente leptocúrtica, curtose 3,69. As curvas de distribuição apresentam uma ligeira tendência, em direção a linha d'água, para termos mais grossos, piora na seleção e assimetria mais negativa. Os teores médios foram 74,65% de areia fina, 15,34% de areia muito fina, 9,79% de areia média e 0,19% de areia grossa (Figuras 3.33 e 3.34).

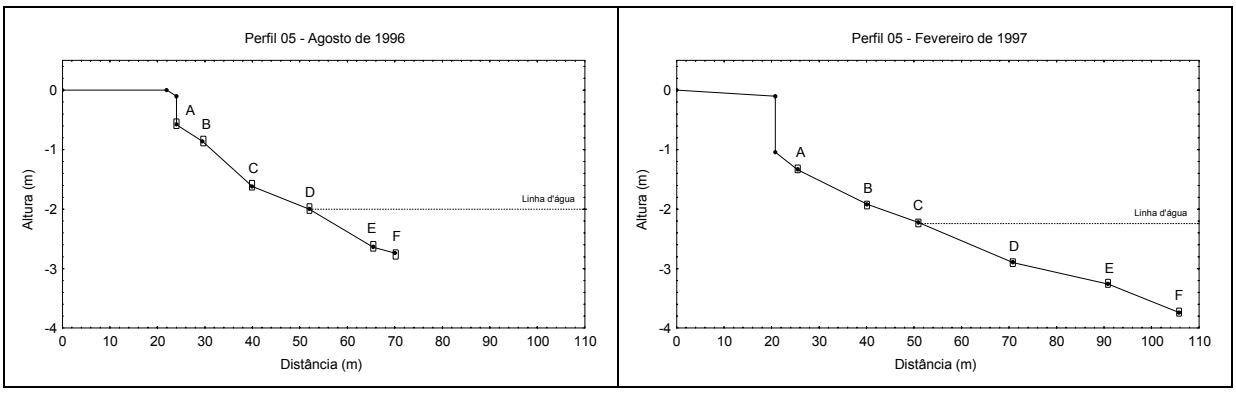


Figura 3.33: Distribuição das amostras ao longo do perfil 05 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997

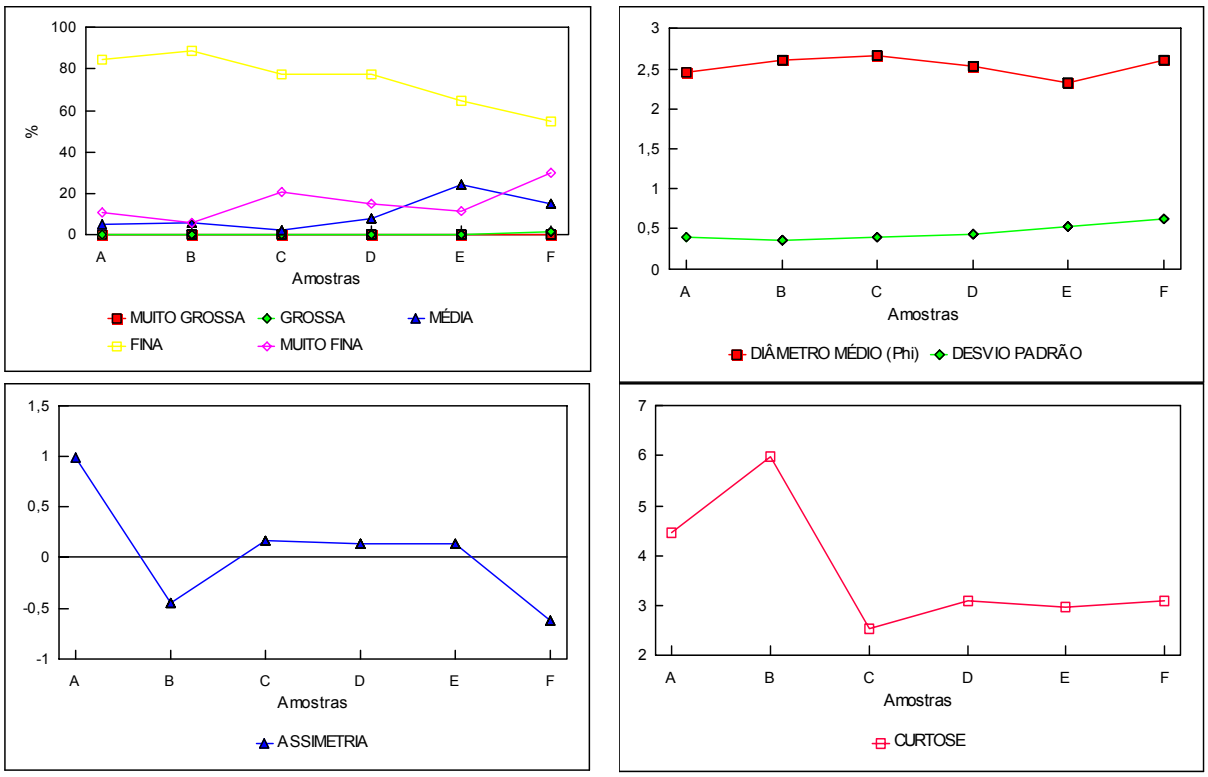
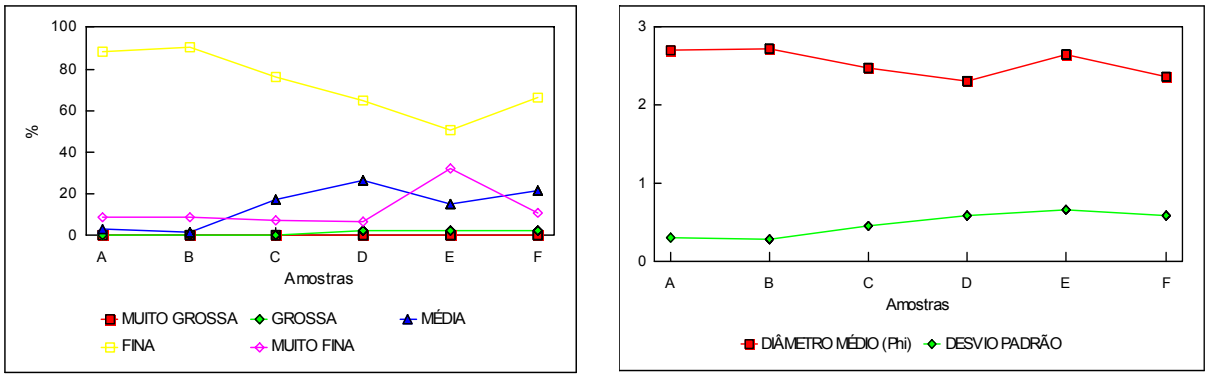


Figura 3.34: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 05 no levantamento de agosto de 1996.

No verão os valores médios para o diâmetro e o desvio foram praticamente iguais aos de inverno, 2,54ϕ e 0,48, respectivamente. A distribuição apresentou assimetria muito negativa (-0,63) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 5,24. Os valores dos teores médios foram 72,57% de areia fina, 14,06% de areia média, 12,17% de areia muito fina, 1,11% de areia grossa e 0,03% de areia muito grossa (Figuras 3.33 e 3.35).



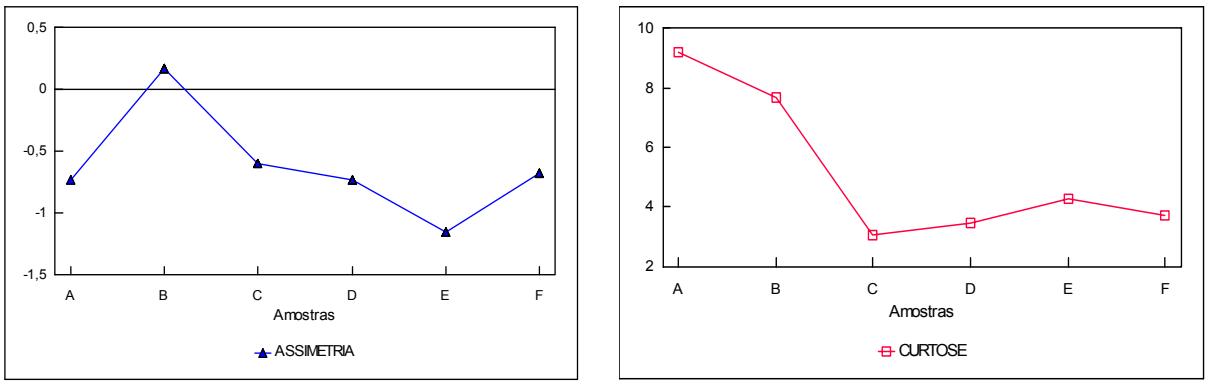


Figura 3.35: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 05 no levantamento de fevereiro de 1997.

Comparando os teores médios entre os dois períodos verifica-se que no verão os resultados mostraram um pequeno aumento para termos mais grossos.

As amostras do perfil 06 no inverno são constituídas por areia fina, média do diâmetro médio 2,61ϕ, bem selecionadas, desvio padrão médio 0,44, assimetria negativa (-0,16) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 4,60. As curvas de distribuição mostram uma ligeira tendência, em direção a linha d'água, de aumento do diâmetro médio, piora da seleção e assimetria mais negativa. Os teores médios de areia foram 73,46% de areia fina, 16,11% de areia muito fina, 10,04% de areia média e 0,28% de areia grossa (Figuras 3.36 e 3.37).

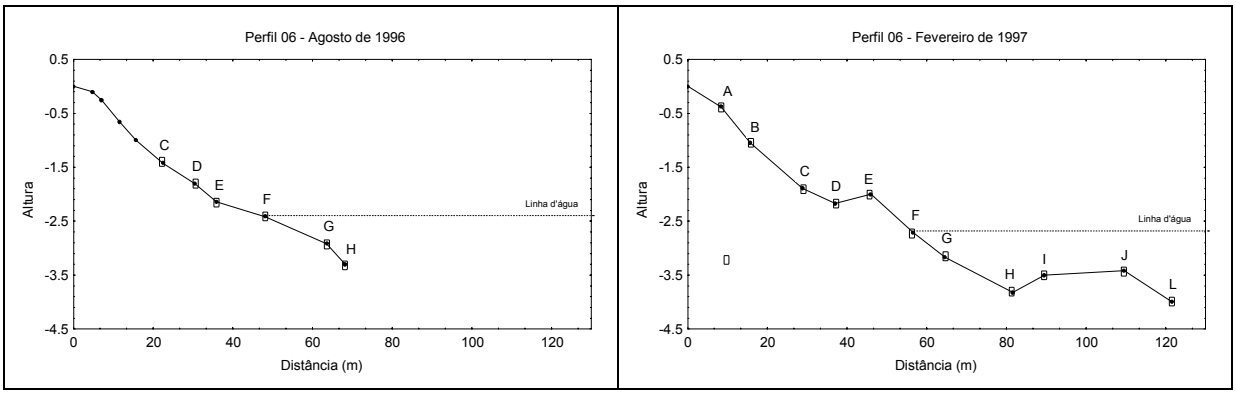


Figura 3.36: Distribuição das amostras ao longo do perfil 06 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997

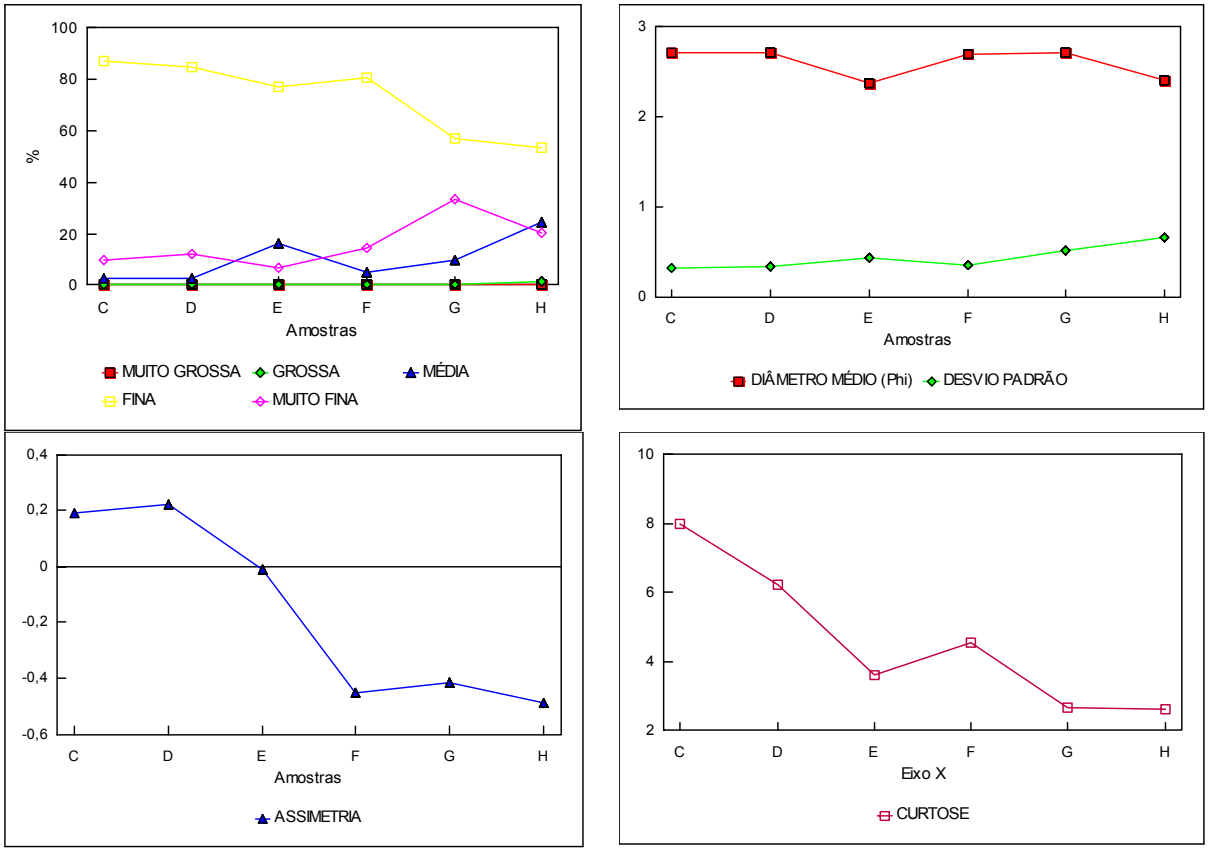
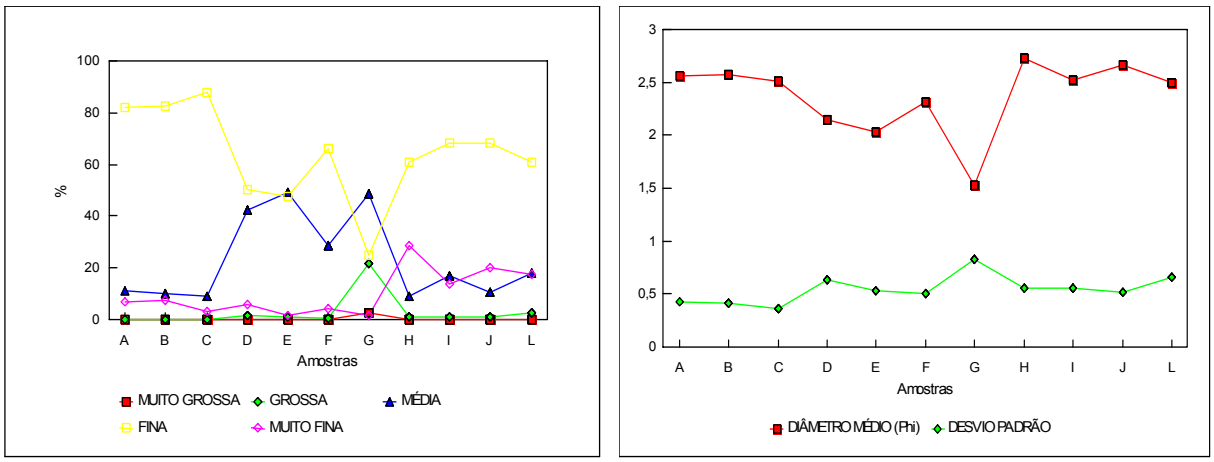


Figura 3.37: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 06 no levantamento de agosto de 1996.

No verão as curvas de distribuição apresentaram intercalação nos teores de areia média e fina, com tendência a termos mais grossos em direção a linha d'água. A média do diâmetro médio foi de 2,37ϕ, com amostras moderadamente selecionadas, desvio padrão médio 0,55, assimetria muito negativa (-0,66) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 4,10. Os teores médios foram 63,58% de areia fina, 23,13% de areia média, 10,06% de areia muito fina, 2,89% de areia grossa e 0,31% de areia muito grossa (Figuras 3.36 e 3.38).



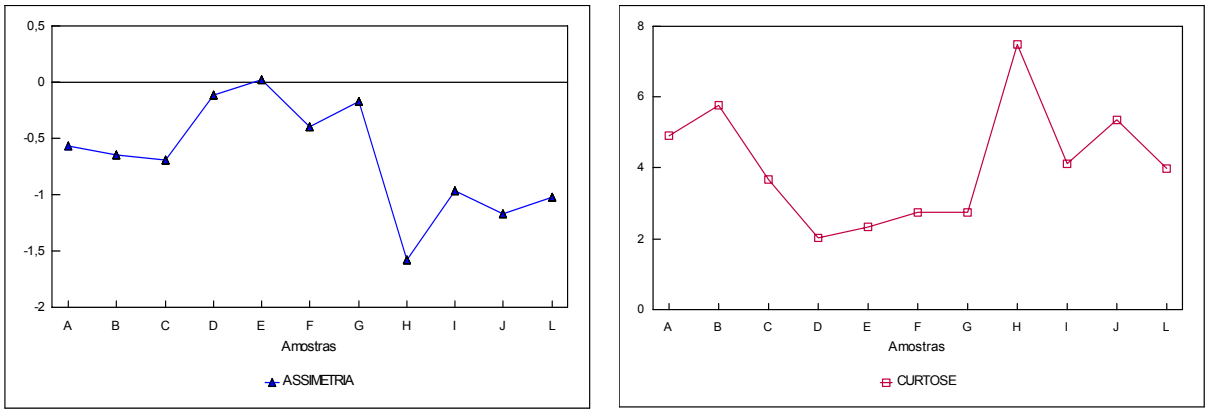


Figura 3.38: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 06 no levantamento de fevereiro de 1997.

Comparando os resultados dos dois períodos observa-se que os teores médios apresentam um aumento nos termos mais grossos durante o verão, e as curvas de distribuição, apesar de apresentarem diferenças, mantém a mesma tendência em direção a linha d'água.

As amostras do perfil 07 no inverno são constituídas por areia fina, média do diâmetro médio 2,29ϕ, moderadamente selecionada, desvio padrão médio 0,63, assimetria negativa (−0,22) e curva muito leptocúrtica, curtose 2,69. As curvas de distribuição mostram tendência à frações mais grossas e piora na seleção em direção a linha d'água, e a assimetria tende para termos mais positivos. Os teores médios de areia foram 55,42% de areia fina, 25,28% de areia média, 13,83% de areia muito fina, 5,18% de areia grossa e 0,24% de areia muito grossa (Figuras 3.39 e 3.40).

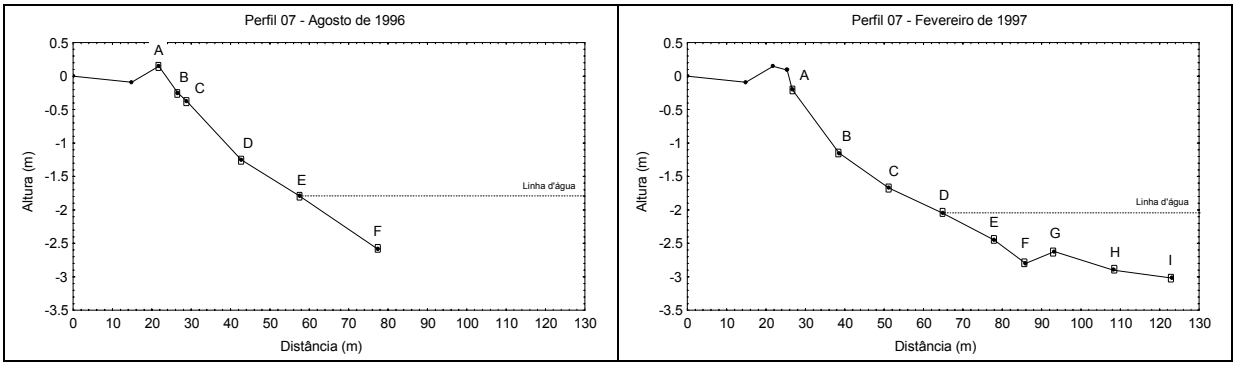


Figura 3.39: Distribuição das amostras ao longo do perfil 07 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997

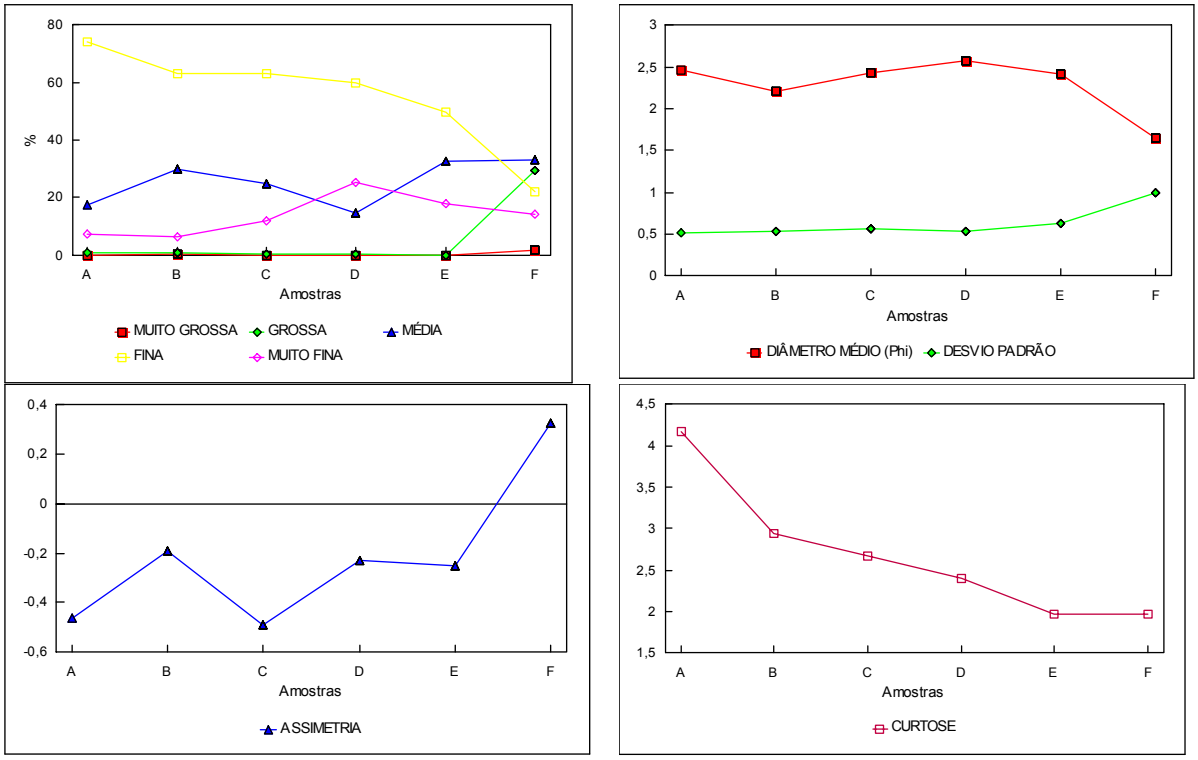
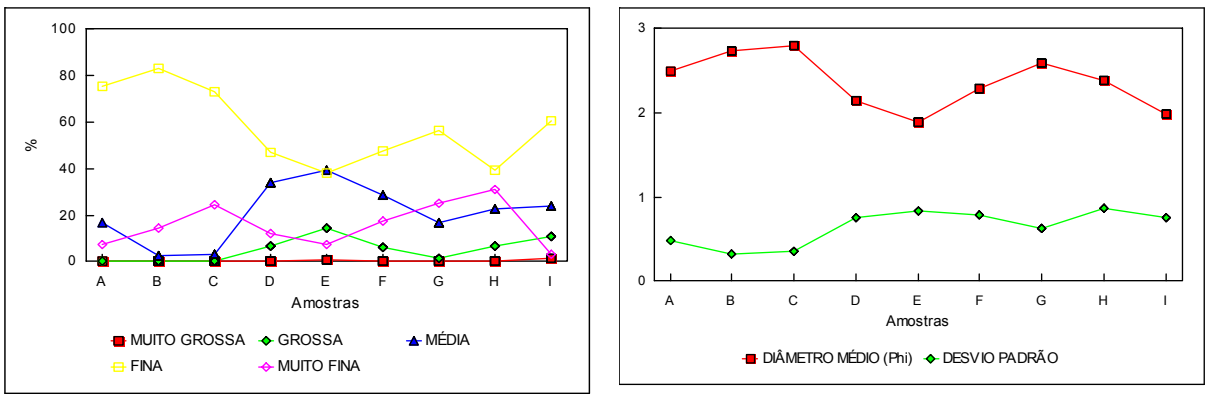


Figura 3.40: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 07 no levantamento de agosto de 1996.

No verão as curvas de distribuição apresentaram intercalação nos teores de areia média e areia fina, com tendência a termos mais grossos em direção a linha d'água, piora na seleção e assimetria mais negativa. Os valores médios para o diâmetro, desvio, assimetria e curtose foram 2,37ϕ, 0,64, -0,54 e 3,58, respectivamente. Os teores médios foram 57,83% de areia fina, 20,82% de areia média, 15,75% de areia muito fina, 5,15% de areia grossa e 0,42% de areia muito grossa (Figuras 3.39 e 3.41).



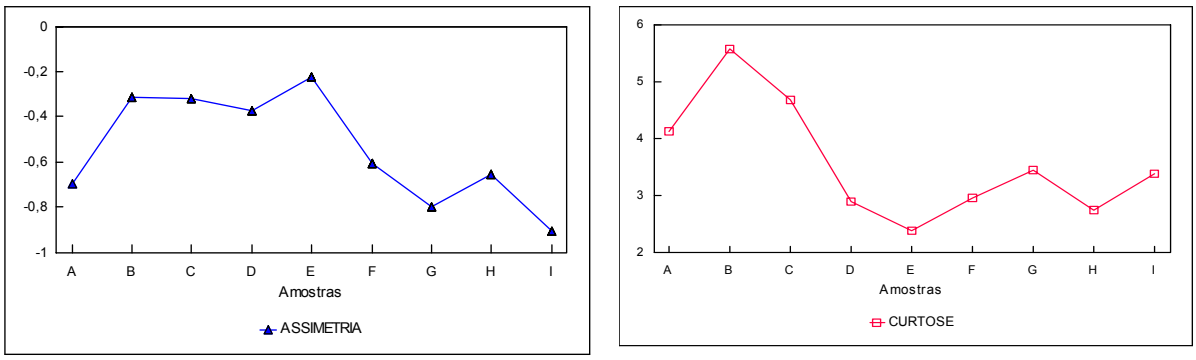


Figura 3.41: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 07 no levantamento de fevereiro de 1997.

Entre os dois períodos as amostras não apresentaram variação significativa nos teores médios, e apesar das curvas de distribuição apresentarem formas diferentes, a tendência de variação dos parâmetros estatísticos, em direção a linha d'água, manteve-se igual.

No perfil 08 as amostras de inverno são constituídas por areia fina, média do diâmetro médio 2,35ϕ, moderadamente selecionada, desvio padrão médio 0,58, assimetria muito negativa (-0,41) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 3,40. Em direção a linha d'água as curvas de distribuição tendem a termos mais grossos, piora na seleção e assimetria mais negativa. A distribuição dos teores médios de areia foi 67,45% de areia fina, 15,73% de areia média, 13,18% de areia muito fina, 3,40% de areia grossa e 0,22% areia muito grossa (Figuras 3.42 e 3.43).

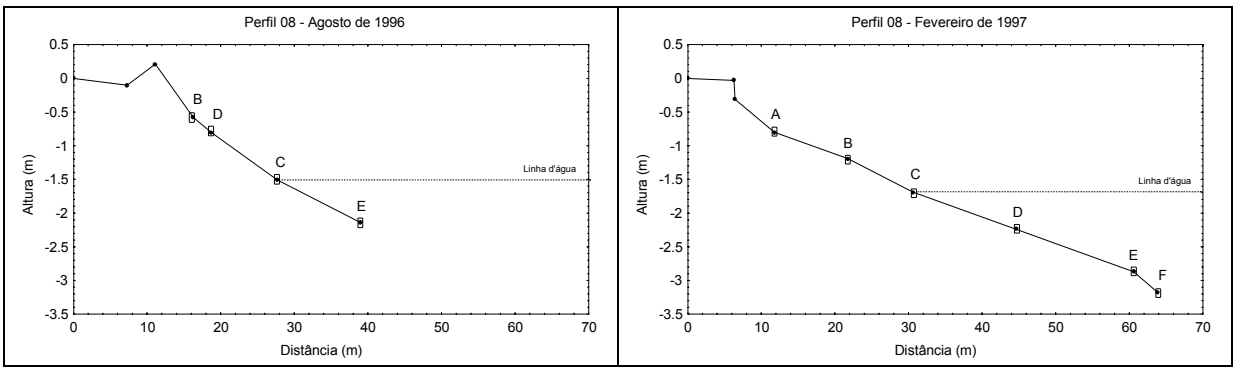


Figura 3.42: Distribuição das amostras ao longo do perfil 08 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997

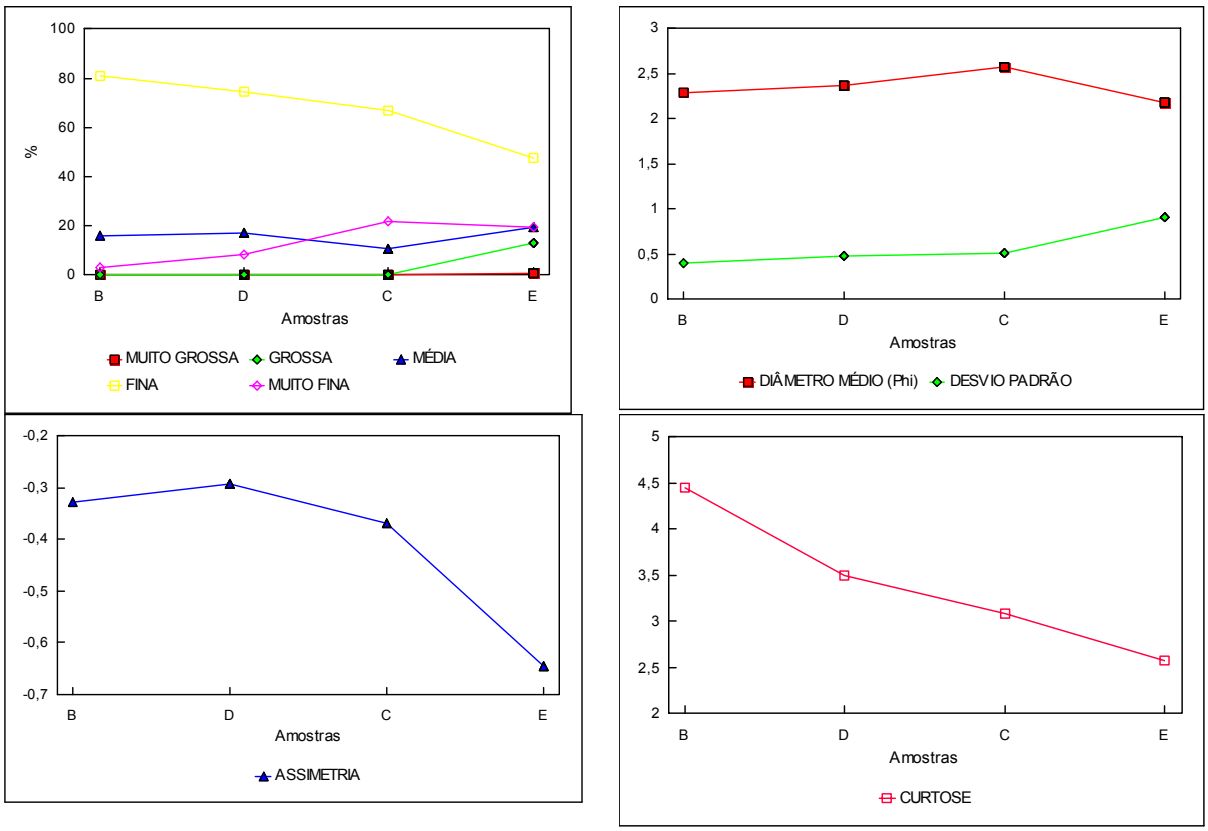
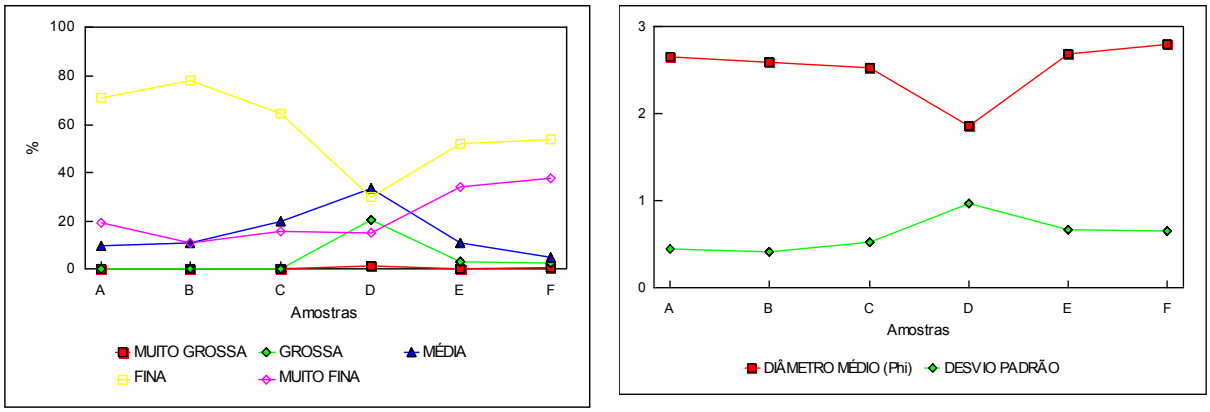


Figura 3.43: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 08 no levantamento de agosto de 1996.

As amostras de verão apresentaram intercalações nos teores de areia média e areia fina, com a média do diâmetro médio ficando em 2,52ϕ, areia fina. Os valores médios mostraram que são amostras moderadamente selecionadas, desvio padrão 0,61, assimetria muito negativa (-0,88) e curva extremamente leptocúrtica, curtose 4,61. Os resultados dos teores médios foram de 58,23% areia fina, 22,24% areia muito fina, 14,86% areia média, 4,31% areia grossa e 0,31% areia muito grossa (Figuras 3.42 e 3.44).



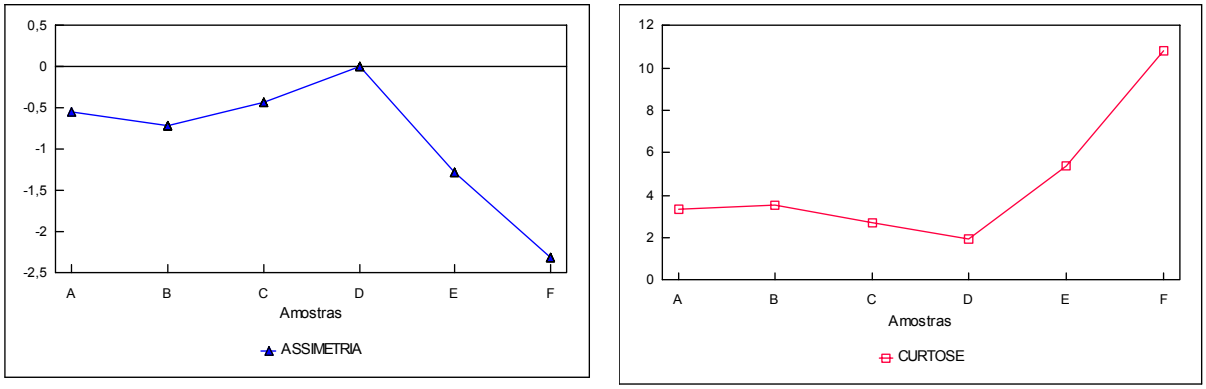


Figura 3.44: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 08 no levantamento de fevereiro de 1997.

Entre os dos períodos observa-se que há uma pequeno aumento nas frações mais finas no verão. Nas curvas de distribuição dos parâmetros estatísticos não se observa diferenças significativas nas tendências.

Os resultados das análises de inverno do perfil 09 mostraram que os sedimentos são constituídos por areia fina, média do diâmetro médio 2,48ϕ, moderadamente selecionada, desvio padrão médio 0,72, assimetria muito negativa (-0,69) e curva muito leptocúrtica, curtose 2,90. As curvas de distribuição mostram uma nítida tendência ao aumento do diâmetro, e piora da seleção em direção a linha d'água. Os teores médios de areia foram 47,44% de areia fina, 29,53% de areia muito fina, 17,20% de areia média, 5,45% de areia grossa e 0,37% de areia muito grossa (Figuras 3.45 e 3.46).

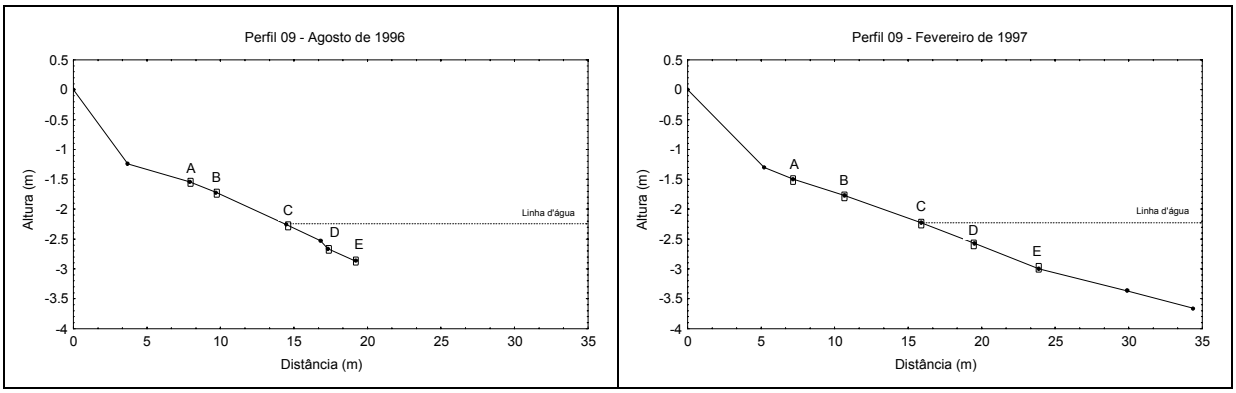


Figura 3.45: Distribuição das amostras ao longo do perfil 09 nos levantamentos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997

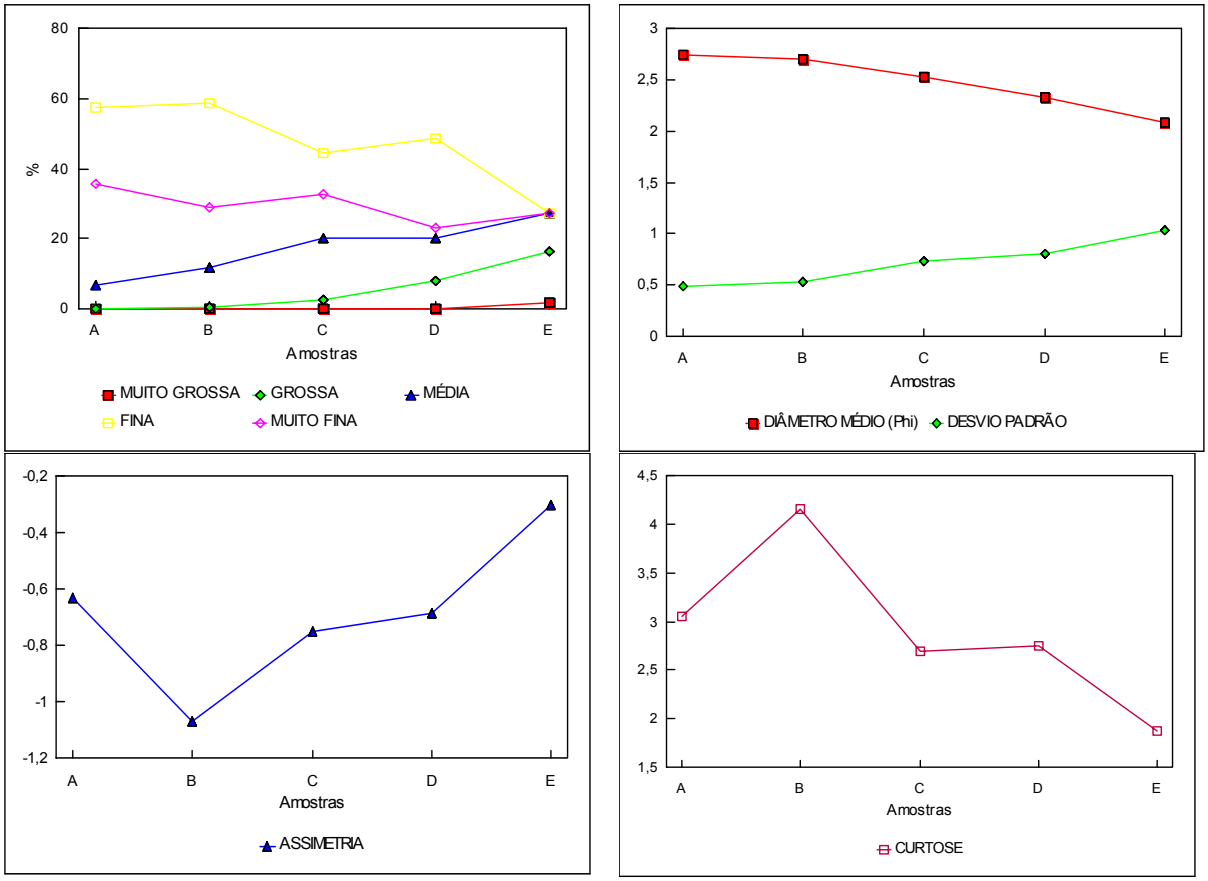
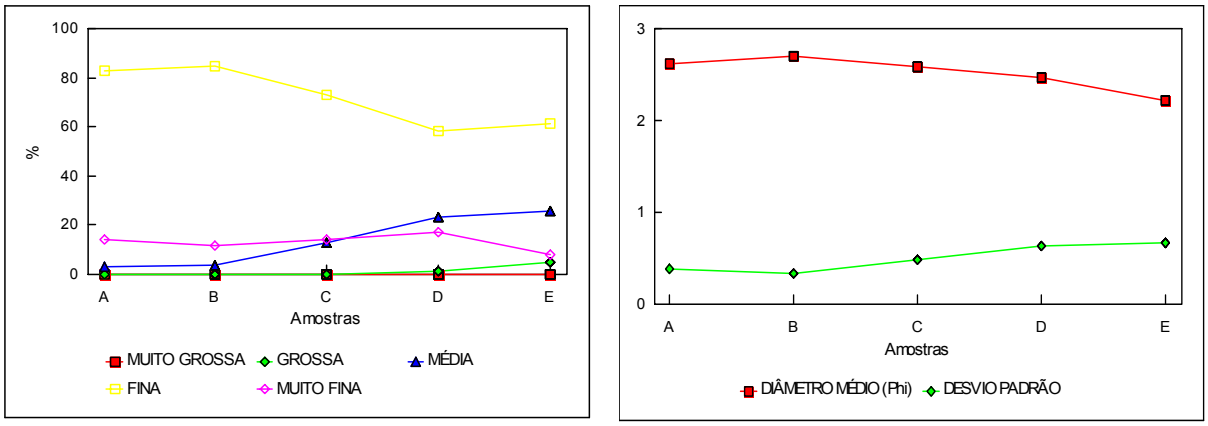


Figura 3.46: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 09 no levantamento de agosto de 1996.

No verão os sedimentos mostraram-se bem selecionados, desvio padrão médio 0,49, constituídos por areia fina, média do diâmetro 2,52ϕ, assimetria muito negativa e curva extremamente leptocúrtica, curtose 3,88, com tendência a termos mais grossos e piora na seleção em direção a linha d'água. Os teores médios neste período foram 71,89% de areia fina, 13,76% de areia média, 13,01% de areia muito fina, 1,29% de areia grossa e 0,02% de areia muito grossa (Figuras 3.45 e 3.47).



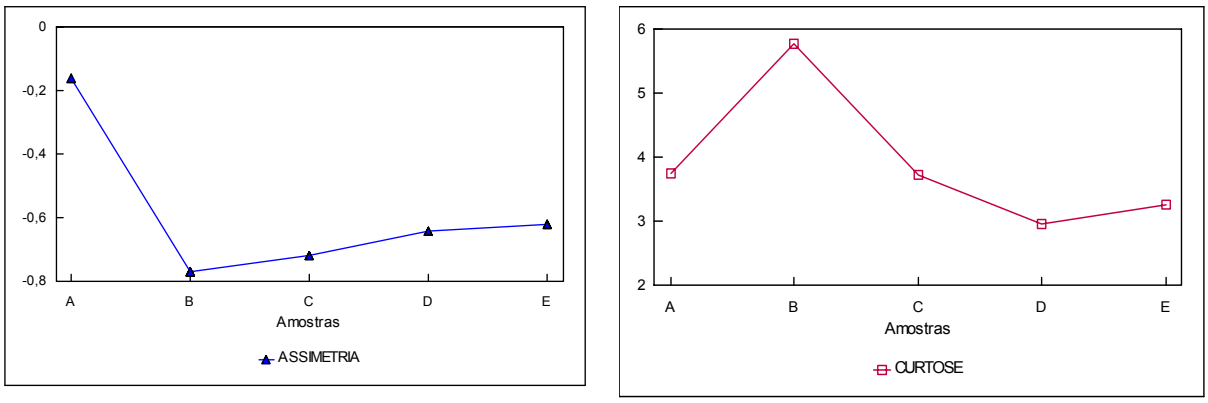


Figura 3.47: Variações nos teores médios de areia e dos parâmetros estatísticos das amostras ao longo do perfil 09 no levantamento de fevereiro de 1997.

Comparando os dois períodos observa-se que no verão as amostras apresentam baixos teores das frações grossas e são melhor selecionadas. As tendências de variação em direção a linha d'água, mantém-se, porém são mais sutis com relação ao inverno.

3.1.3.5.2 Variação mineralógica

As análises da variação mineralógica ao longo dos perfis foram realizadas nas amostras de inverno de 1996 dos perfis 01 e 07. A análise foi realizada apenas em dois perfis pois o objetivo era verificar se ocorriam variações na mineralogia, tanto quantitativa como qualitativamente, no sentido transversal da praia e correlacioná-las com variações na morfologia (Figura 3.48).

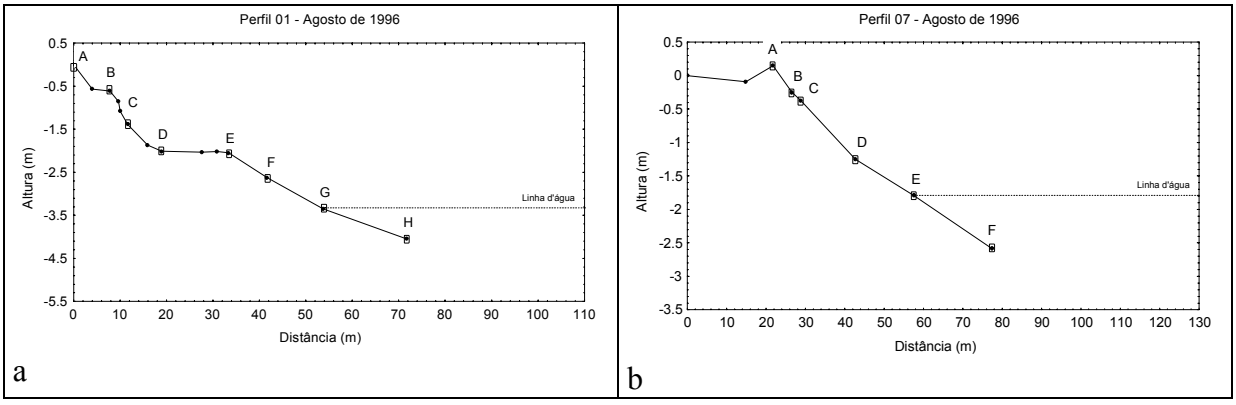
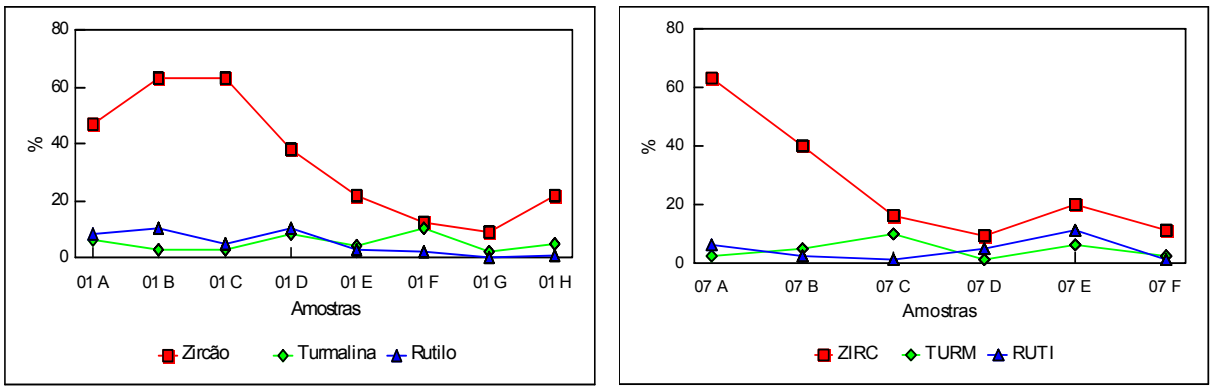


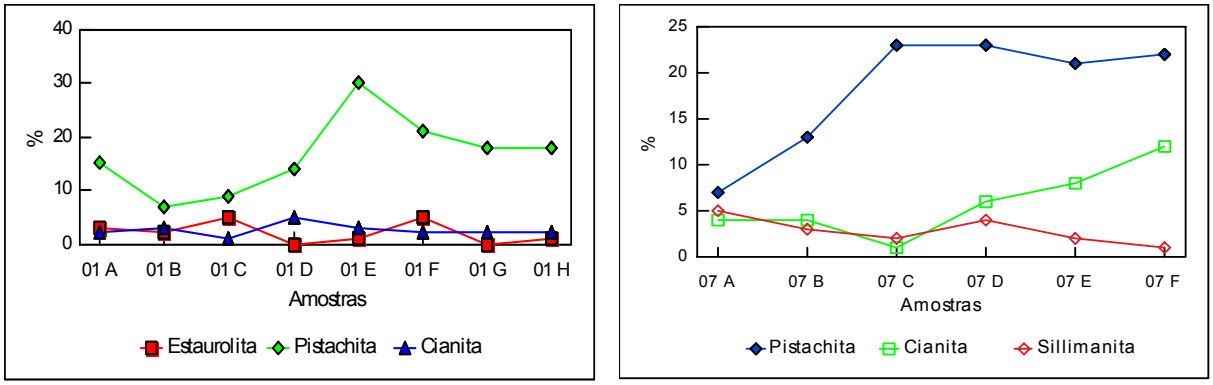
Figura 3.48: Distribuição das amostras ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996

Os principais minerais encontrados nos dois perfis foram: zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, pistachita, cianita, sillimanita, hornblenda, hiperstênio e oxi-hornblenda (Tabelas II.8 e II.9– Anexo II, Figuras 3.49, 3.50 e 3.52).



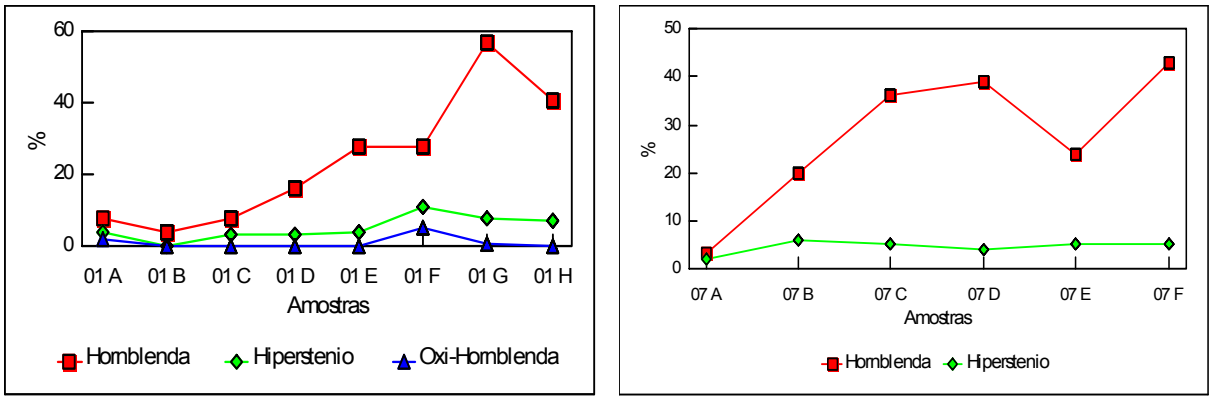
a b

Figura 3.49: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados ultraestáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996.



a b

Figura 3.50: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados metaestáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996.

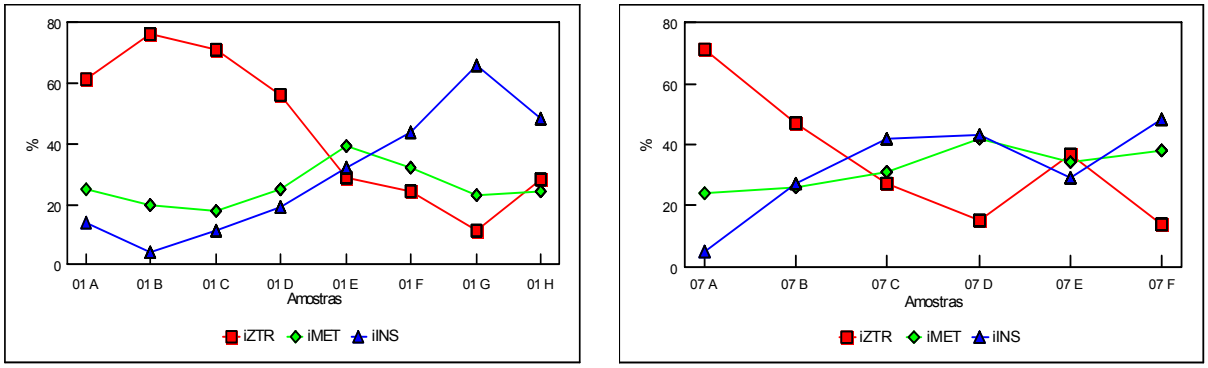


a b

Figura 3.51: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados instáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996.

No perfil 01 os resultados da análise mostraram uma tendência a diminuição de minerais ultraestáveis até a linha d'água, e aumento a partir desta. Os minerais metaestáveis apresentaram aumento sobre a berma e diminuição após ela, em direção a parte submersa. Os instáveis aumentam até a linha d'água e partir dela diminuem. Neste perfil observa-se uma

coincidência nos teores dos minerais ultraestáveis, metaestáveis e instáveis, no ponto de amostragem sobre a berma, e a partir dele a inversão dos teores, passando a predominar teores mais altos de instáveis. No perfil 07 está situação é observada no ponto de amostragem sobre a linha d'água (Figura 3.52).



a b

Figura 3.52:Variações nos índices somatórios de minerais pesados ultraestáveis (ZTR), metaestáveis e instáveis ao longo dos perfis 01(a) e 07(b) no levantamento de agosto de 1996.

Observando a figura 3.52 nota-se que as curvas de distribuição dos minerais ultraestáveis e instáveis apresentam o mesmo padrão, ou seja quando uma aumenta a outra diminui, fato que não é observado na curva dos minerais metaestáveis.

3.1.3.6 Relações entre as variações morfológicas e sedimentológicas

Os resultados das análises granulométricas, ao longo dos perfis, nos períodos de inverno e verão mostraram uma tendência ao aumento da granulometria em direção a linha d'água. Quando ocorrem feições morfológicas, como bermas, cúspides, canais e barras, observam-se intercalações de teores de areia fina e de areia média, tanto na parte emersa quanto submersa dos perfis.

No perfil 01 no levantamento de agosto de 1996, observa-se que os teores de areia média a grossa são maiores na retaguarda da berma, na linha d'água e após esta. No topo da berma e sobre a face praial superior a granulometria é mais fina. No levantamento de inverno, o perfil não apresenta feições morfológicas, a granulometria neste período mantém o mesmo padrão, ou seja na parte alta da face praial é mais fina, engrossando a partir da linha d'água.

No levantamento de agosto de 1996 o perfil 02 apresenta o mesmo padrão de variação dos teores de areia fina e média conforme mudam as feições morfológicas, porém, um pouco menos acentuado que no perfil 01. Nota-se que sobre as cúspides a granulometria é um pouco

mais grossa que sobre a calha e a linha d'água. No levantamento de fevereiro de 1997 observa-se uma continuidade no engrossamento em direção a linha d'água da granulometria, neste período não foram observadas feições morfológicas sobre a face praial.

No perfil 03 não foram observadas feições sobre a praia, em nenhum dos dois levantamentos, a distribuição da granulometria mantém o mesmo padrão de distribuição em direção a linha d'água, porém, no levantamento de inverno nota-se um incremento no teor de areia grossa na amostra logo após a linha d'água, apesar de não se observar mudança na morfologia.

No levantamento de agosto de 1996, observou-se a presença de duas linhas de cúspides sobre a face praial no perfil 04, observando os resultados da granulometria nota-se que sobre as cúspides mais internas a areia é uma pouco mais grossa que sobre as cúspides externas.

O perfil 05 mostra o mesmo padrão de engrossamento em direção a linha d'água nos dois períodos. Neste perfil não foram observadas feições sobre a face praial.

No perfil 06, no levantamento de agosto de 1996, a distribuição da granulometria apresenta intercalações nos teores de areia fina e média, sendo que sobre a cúspide a granulometria é um pouco mais fina, com um incremento no teor de areia média na amostra sobre a descida da face praial. No levantamento de fevereiro de 1997, foi observada a ocorrência de canais e barras na *nearshore*, a distribuição da granulometria neste trecho da praia, apresenta intercalações nos teores de areia fina a grossa, sendo que sobre as barras a granulometria é um pouco mais grossa que sobre os canais.

No perfil 07 observa-se a mesma situação do perfil 06, porém, com inversão da granulometria, neste perfil a fração mais grossa encontra-se sobre o canal e a mais fina sobre a barra.

Os perfis 08 e 09 apresentam a mesma distribuição, ou seja a granulometria engrossa em direção a linha d'água.

Notou-se que em todos os perfis, na amostra logo após a linha d'água, a granulometria apresenta um incremento da fração mais grossa, e uma diminuição nas amostras subsequentes.

O padrão de distribuição da granulometria, engrossamento em direção a linha d'água, observado nas amostras dos perfis, é similar ao descrito na bibliografia (Bascon 1951, Fox *et al.* 1966, Komar 1976, Trask & Johnson 1995), quando não são observadas feições sobre a

praia. Porém, quando existem feições como berma, cúspides, canais e barras, nem sempre o padrão coincide com os da bibliografia, principalmente no que se refere aos sedimentos da berma, que segundo os autores citados, seriam mais grossos em relação a outros trechos da praia. No perfil 01, por exemplo, os sedimentos da berma são mais finos. Isto mostra que a distribuição da granulometria não segue um padrão em todas as praias, e pode estar relacionado a vários fatores, como a diferenças na fonte dos sedimentos, por exemplo.

Os resultados da mineralogia também não mostraram uma tendência clara de mudança em função da morfologia, e sim em função dos subambientes praiais. Observa-se que na parte alta da praia, acima da berma no perfil 01 e na parte superior da face praial, no perfil 07, os teores de minerais ultraestáveis são maiores, sofrendo uma inversão a partir da berma no perfil 01 e a partir do meio da praia no perfil 07. Este padrão coincide com o descrito por Isla (1991). Segundo este autor há uma tendência à concentração de minerais mais densos e mais estáveis, na pós-praia, e de minerais mais leves e mais instáveis, na parte submersa do perfil praial.

3.1.3.7 Classificação morfodinâmica das praias de Itapoá

Segundo os modelos morfodinâmicos de Wright *et al*. (1979), Short & Hesp (1982) e Wright & Short (1984), as praias refletiva apresentam altos gradientes, baixa energia de ondas, e bermas e cúspides bem desenvolvidas. As praias dissipativas, apresentam baixos gradientes, alta energia de ondas, zona de surfe larga, e o perfil emerso é constituído apenas pela face praial, podendo ocorrer canais e barras conforme afastam-se do extremo dissipativo.

Com base nas características morfológicas dos perfis, as praias de Itapoá podem ser consideradas como praias mais refletivas com baixa energia de ondas, no inverno, e mais dissipativas com alta energia de ondas, no verão.

Isto não significa que ocorra necessariamente maior energia de ondas durante todo o verão. Pois, segundo Wright *et al.* (1984) para uma praia recuperar o seu estado morfodinâmico modal é necessário um tempo de apenas 7 dias, dependendo das características energética das ondas. Assim, os perfis de verão indicariam apenas que a energia das ondas no período anterior ao levantamento do perfil, foi maior que no período antecedente ao levantamento dos perfis de inverno.

A ocorrência deste padrão ao longo de dois anos pode estar indicando que a energia das ondas de verão sejam maiores que as de inverno, porém esta hipótese precisa ser

verificada com um maior número de observações, seja tanto com uma maior freqüência no levantamento dos perfis como ao longo de período maior.

Devido a falta de algumas informações necessárias para a aplicação da equação sugerida por Wright & Short (1984), para o cálculo do parâmetro adimensional (Ω), como por exemplo a altura das ondas, para a classificação morfodinâmica das praias de Itapoá utilizou-se a equação sugerida por Klein (1996), $\Omega_{teórico}= 0,0225/(\tan\beta)^2$, onde a tanβ = declividade da praia. Os resultados mostraram que as praias de Itapoá apresentam características dissipativas, perfil 1 a 7, intermediário para dissipativo, perfil 8 e intermediário para refletivo, perfil 9. O cálculo para cada perfil é apresentado na tabela 3.25.

Tabela 3.25: Resultado dos cálculos de $\Omega_{teórico}$ para os perfis de Itapoá (SC)

Perfil / **Período**	**01**	**02**	**03**	**04**	**05**	**06**	**07**	**08**	**09**
Agosto 96	9.78	22.5	19.35	12.71	10.22	10.22	12.14	4.79	2.04
Fevereiro 97	9.37	7.03	18.79	15.00	22.50	22.50	28.12	7.50	3.46
Junho 97	3.62	3.81	2.25	1.54	3.21	1.67	1.40	1.64	-
Setembro 97	9.78	4.32	4.14	12.50	10.22	11.25	9.37	8.65	2.10
Fevereiro 98	9.37	12.5	17.56	16.07	18.75	11.25	18.75	8.65	0.79
Março 98	11.84	12.5	22.68	12.50	8.65	7.76	5.92	5.35	3.26
Junho 98	16.07	5.76	15.75	18.75	15.00	12.50	6.08	3.57	2.14

Sazonalmente os perfis apresentam pequenas variações. No verão os perfis 1 a 8 apresentaram características dissipativas, o perfil 9 intermediária para termos dissipativos, no verão de 1997, e refletiva no verão de 1998. No inverno os perfis 1 a 7 dissipativos, 8 e 9 intermediários dissipativos e refletivos, respectivamente. No inverno de 1997 os perfis 2 e 3 apresentavam estados intermediários para termos mais dissipativos e o 8 características dissipativas, os outros mantiveram as mesmas características do verão.

No levantamento após o evento de tempestade (junho 97) os perfis apresentaram estados intermediários sendo 3, 4, 6, 7 e 8 para termos refletivos, e 1, 2 e 5 para termos dissipativos. Não foi realizado o levantamento neste período no perfil 9.

Comparando os resultados obtidos no cálculo de $\Omega_{teórico}$ (Klein 1996) para as praia de Itapoá, com os valores de Ω médio definidos por Wright *et al*. (1985) e os valores limites de declividade para os estados morfodinâmicos (Tabelas 3.1 e 3.2), observa-se que os valores obtidos são, no geral, muito elevados. Porém, nenhum dos dois trabalhos faz referência a valores máximos ou mínimos tanto para Ω (Wright *et al*. 1985) como para $\Omega_{teórico}$ (Klein 1996).

Comparando os resultados da morfologia com os resultados do cálculo de $\Omega_{teórico}$ de Klein (1996), para as praias de Itapoá, nota-se que os mesmos apresentam divergências. Indicando que as características das ondas observadas durante os levantamentos, não foram as mesmas que modelaram a praia. Porém, há também a possibilidade de erro na aplicação da fórmula, como já discutido anteriormente os valores resultantes foram muito elevados, isto faz com que haja necessidade de estudos mais detalhados na classificação morfodinâmica das praias de Itapoá.

3.2 DERIVA LITORÂNEA[3]

3.2.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento do sentido de transporte líquido dos sedimentos ao longo da costa, conhecido como deriva litorânea líquida, é um fator essencial na pesquisa, planejamento e manejamento costeiro. Por ser um fluxo bi-direcional e dependente de diversos agentes tais como ondas, marés e correntes geradas por estas, nem sempre é fácil definir com certeza a direção de transporte líquido na costa (Taggart & Schwartz 1988, Masselink 1992).

Diversos métodos são encontrados na bibliografia para a definição do transporte litorâneo líquido de sedimentos, a partir de indicadores morfológicos e sedimentológicos (Jacobsen & Schwartz 1981, McLaren 1981, McLaren & Bowles 1985, Taggart & Schwartz 1988).

Dentre os indicadores morfológicos as desembocaduras de rios, esporões e bancos arenosos têm sido os mais utilizados na definição do sentido de deriva. Porém, Tessler & Mahiques (1993) estudando a costa sul do Estado de São Paulo, verificaram que algumas

[3] Parte deste item foi publicado por Souza *et al.* (1998)

feições, quando avaliada superficialmente, principalmente às associadas à desembocaduras, podem levar a interpretações errôneas do sentido predominante de transporte.

Dos indicadores sedimentológicos os parâmetros granulométricos diâmetro médio, desvio padrão (seleção) e a assimetria são os que apresentam melhores respostas para indicar a deriva predominante (McLaren & Bowles 1985), porém, segundo Masselink (1992) estes parâmetros também requerem um certo cuidado, pois estão diretamente associados a energia do ambiente, a fonte do material e ao tipo de transporte (suspensão, saltação, rolamento). Segundo McLaren & Bowles (1985) o sentido de transporte pode ser definido a partir de dois padrões de distribuição dos parâmetros granulométricos: mais grosso, melhor selecionado e mais positivo que a área fonte, ou mais fino, melhor selecionado e mais negativo. Note-se que o parâmetro desvio padrão é o que melhor indicaria o sentido de transporte, pois nos dois casos o depósito será melhor selecionado que a área fonte. Masselink (1992) estudando as praias da costa sul da França, verifica que o método proposto por McLaren & Bowles (1985) é limitado para a definição do sentido de transporte em ambiente litorâneo, pois segundo o método o fluxo é unidirecional e o sedimento derivado de uma única fonte. Segundo Masselink (1992) o transporte dos sedimentos no ambiente litorâneo é por fluxos bi-direcionais e os sedimentos podem ser derivados de diversas fontes, tais como rios, erosão das praias, dunas e da plataforma. Taggart & Schwarts (1988) consideram que para uma definição mais segura do sentido de transporte o melhor método é a análise conjunta dos diversos indicadores.

Um outro indicador também utilizado para a definição do sentido de transporte tem sido a variação mineralógica dos sedimentos. Os minerais pesados são melhores indicadores do sentido de transporte litorâneo que os parâmetros granulométricos (Isla 1991). Segundo Giannini (1987, 1993) a concentração de minerais pesados mais estáveis aumenta no rumo da deriva litorânea predominante em relação a concentração de instáveis. Segundo este autor isto está relacionado a dois fatores diferentes ou a combinação destes: eliminação dos minerais química e fisicamente mais suscetíveis, com enriquecimento gradual de espécimes mais estáveis e/ou aumento na quantidade relativa de componentes de elevada densidade e equivalente hidráulico, devido a redução da granulometria, no rumo da deriva predominante.

3.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise da deriva litorânea predominante na costa de Itapoá, foi feita a partir da interpretação combinada de observações de campo, fotografias aéreas verticais e oblíquas e dos resultados das análises granulométricas e mineralógicas.

Para as análises sedimentológicas foram coletadas amostras longitudinais a praia de norte para sul, nos dias 17 e 18 de abril de 1996, desde a desembocadura do Rio Saí-Guaçu até o balneário Figueira do Pontal (Figura 3.53). O espaçamento entre cada amostra foi em torno de 500 m. No trecho compreendido entre as desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu, onde não existe acesso para veículos, utilizou-se a contagem de passos para definir os pontos, iniciando-se na margem direita do Rio Saí-Guaçu, divisa entre os estados do Paraná e Santa Catarina, totalizando 07 pontos de amostragem. A partir da margem direita do Rio Saí-Mirim, o espaçamento entre as amostras foi definido com o auxílio do odômetro do carro, totalizando 51 pontos de amostragem. Em cada ponto de amostragem foram coletadas duas amostras: uma na linha d'água (a) e outra entre a linha d'água e a linha de costa (b). Quando ocorriam dunas frontais foi coletado uma terceira amostra na base das dunas (c). Foram selecionadas 13 amostras, espaçadas de 2 em 2 km, para análise da mineralogia. As metodologias utilizadas para as análises granulométricas e mineralógicas foram as mesmas descritas no item 3.1.2.1.

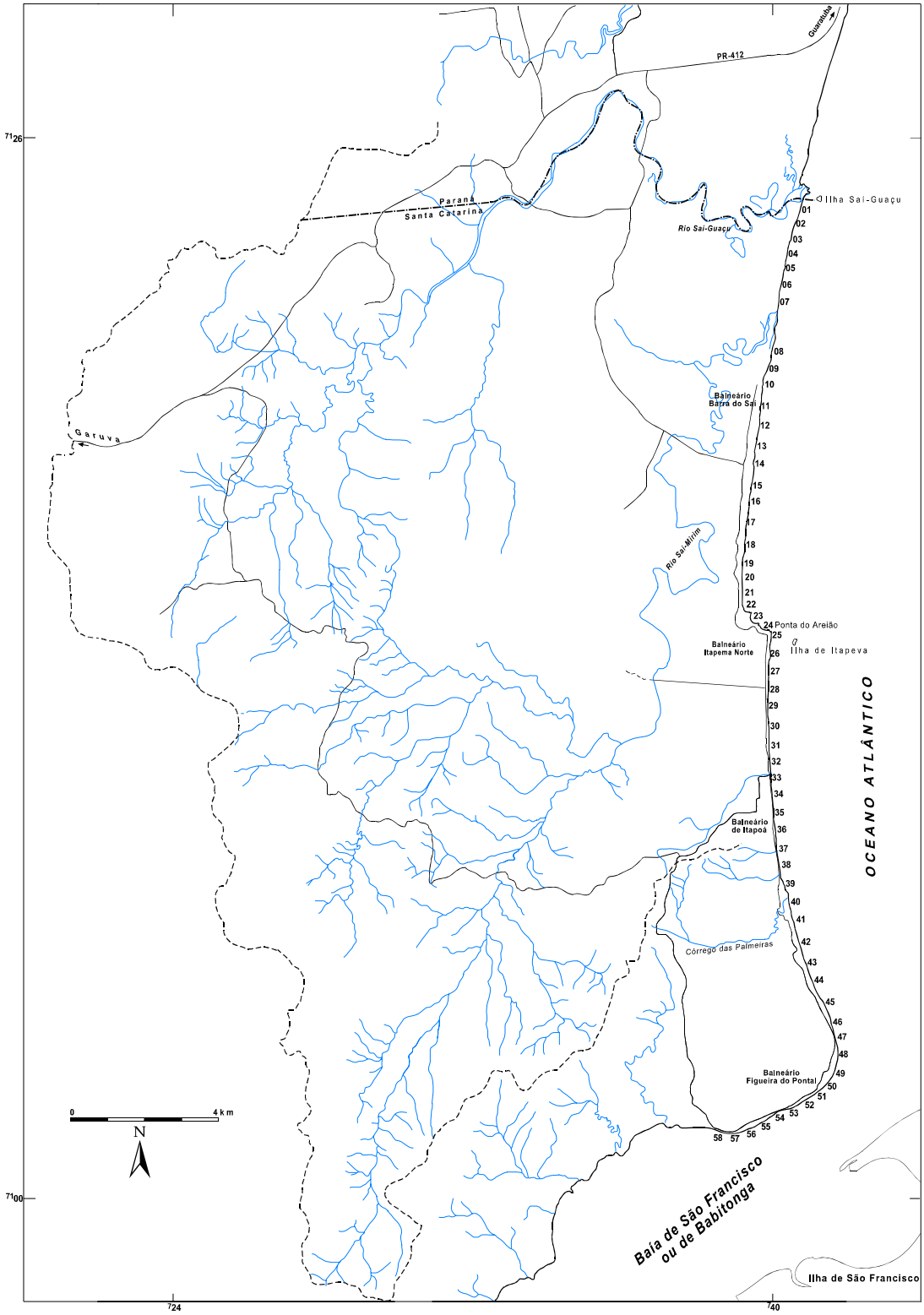


Figura 3.53: Localização das amostras longitudinais

3.2.3 VARIAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Os resultados das análises granulométricas mostraram que as praias de Itapoá são constituídas por areia fina (diâmetro médio 2,41ϕ), moderadamente selecionadas (desvio

padrão 0,54) e assimetria muito negativa (-0,80). Analisando o gráfico de distribuição das proporções em massa das faixas granulométricas areia média, fina e muito fina (Figura 3.54) observa-se uma tendência ao engrossamento em direção ao norte, relacionado ao aumento nas concentrações de areia média e fina, em relação a areia muito fina.

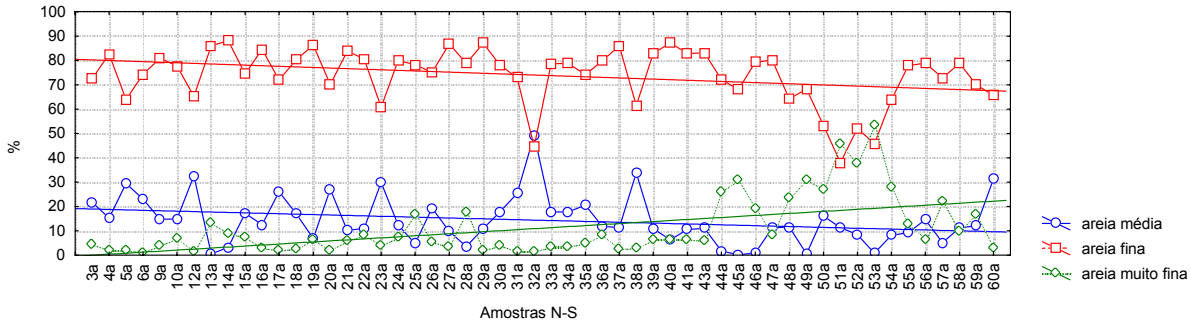


Figura 3.54: Variação nas proporções em massa das faixas granulométricas areia média (1 a 2 ϕ), areia fina (2 a 3 ϕ) e areia muito fina (3 a 4 ϕ) ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina.

O parâmetro diâmetro médio mostra uma tendência ao engrossamento em direção ao sul (Figura 3.55), ao contrário do observado na distribuição dos teores de areias (Figura 3.54), isto pode estar relacionado a presença da fração granulométrica areia grossa e muito grossa, com teores em torno de 5% em algumas das amostras analisadas (Tabela II.6 – Anexo II).

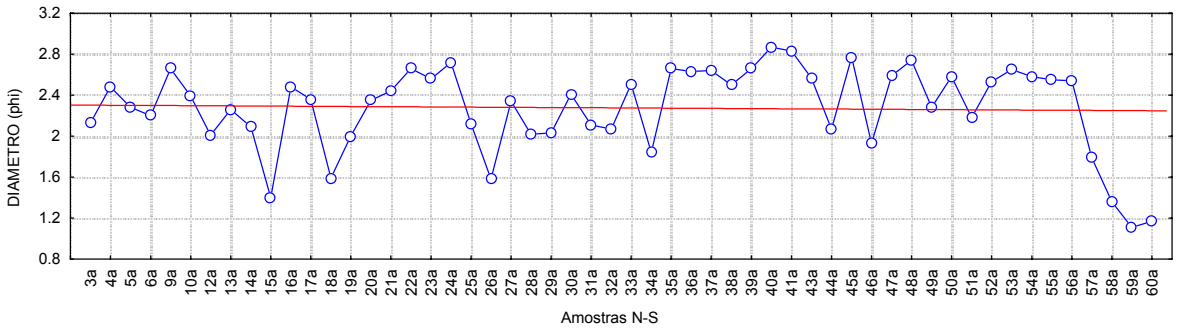


Figura 3.55: Variações N-S do parâmetro granulométrico diâmetro médio (*phi*), calculado pelo método analítico dos momentos, ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina.

O parâmetro desvio padrão mostra uma tendência para melhora da seleção em sentido norte (Figura 3.56), e a assimetria tendendo para termos mais positivos (Figura 3.57).

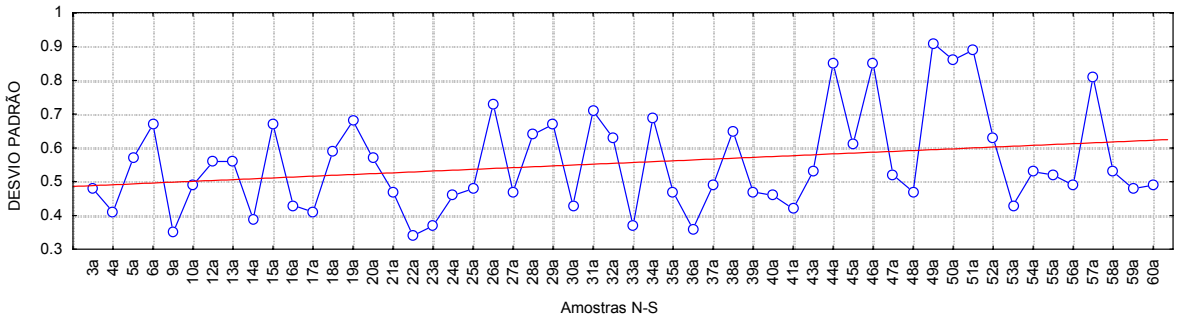


Figura 3.56: Variações N-S do parâmetro granulométrico desvio padrão, calculado pelo método analítico dos momentos, ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina.

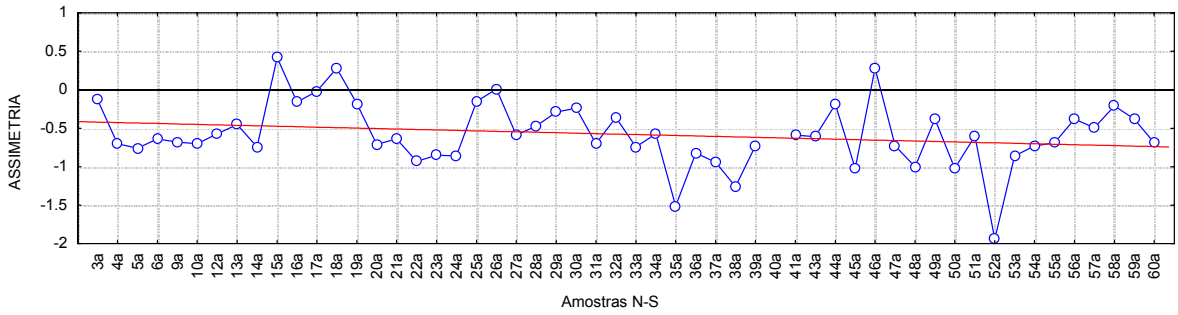


Figura 3.57: Variações N-S do parâmetro granulométrico assimetria, calculado pelo método analítico dos momentos, ao longo das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina.

Analisando os gráficos dos parâmetros estatísticos verifica-se que não há uma tendência de variação longitudinal bem definida. O padrão de variação dos parâmetros granulométricos, mostra que os sedimentos são mais finos, melhor selecionados e mais positivos de sul para norte, não coincidindo com nenhum dos dois padrões descritos no método de McLaren & Bowles (1985).

Porém, quando se excluem os teores de areia grossa e muito grossa e se consideram apenas as frações areia média, fina e muito fina para o cálculo do diâmetro médio, o padrão resultante seria mais grosso, melhor selecionado e mais positivo que indicaria sentido de deriva litorânea para norte, conforme o modelo de McLaren & Bowles (1985). Cabe esclarecer que os teores de areia grossa e muito grossa verificados nas amostras das praias de Itapoá, correspondem a bioclastos, que podem ter origem local. Enquanto que as demais frações são constituídas apenas por minerais terrígenos.

A tendência descrita em trabalhos clássicos de melhora da seleção no rumo do transporte (geralmente com o afinamento da granulometria), embora não obrigatória, pode ser admitida como regra geral segundo Giannini *et al.* (1995). Sendo assim, o parâmetro desvio

padrão das amostras de Itapoá estaria indicando, com um pouco mais de segurança, um sentido de transporte líquido rumo ao norte.

3.2.4 VARIAÇÃO MINERALÓGICA

A assembléia mineralógica manteve-se qualitativamente constante, em todas as amostras. Os minerais encontrados foram o zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, pistachita, apatita, cianita, sillimanita, granada, titanita, hornblenda, hiperstênio e oxi-hornblenda. Sendo o zircão, a pistachita e a hornblenda os mais representativos da assembléia, com teores médios acima de 20% (Tabela II.10 – Anexo II).

Os gráficos de variação dos resultados mineralógicos mostram um aumento no teor de zircão e diminuição nos teores de turmalina e rutilo de norte para sul (Figura 3.58).

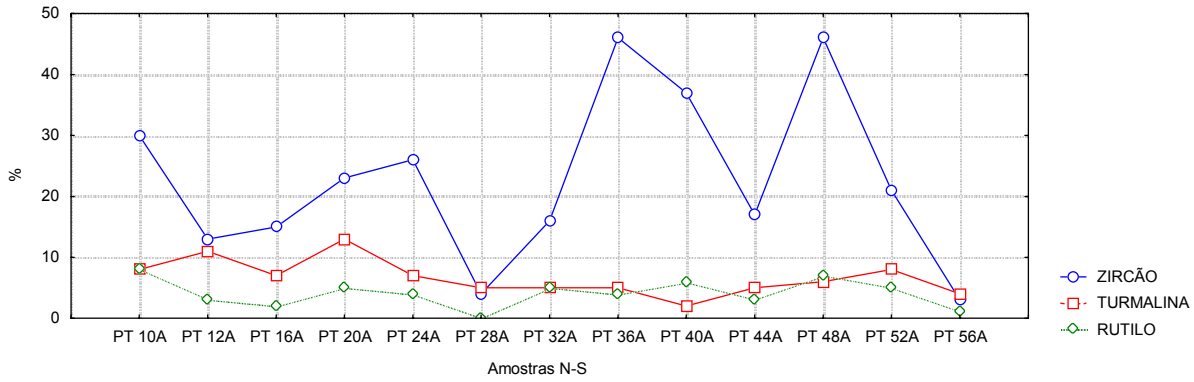


Figura 3.58: Variação nas freqüências percentuais de contagem de minerais pesados ultraestáveis de N-S ao longo das praias do município de Itapoá.

Os índices de ZTR (zircão, turmalina e rutilo) e de metaestáveis apresentam um aumento de norte para sul, ao contrário do índice de instáveis que diminui neste sentido (Figura 3.59).

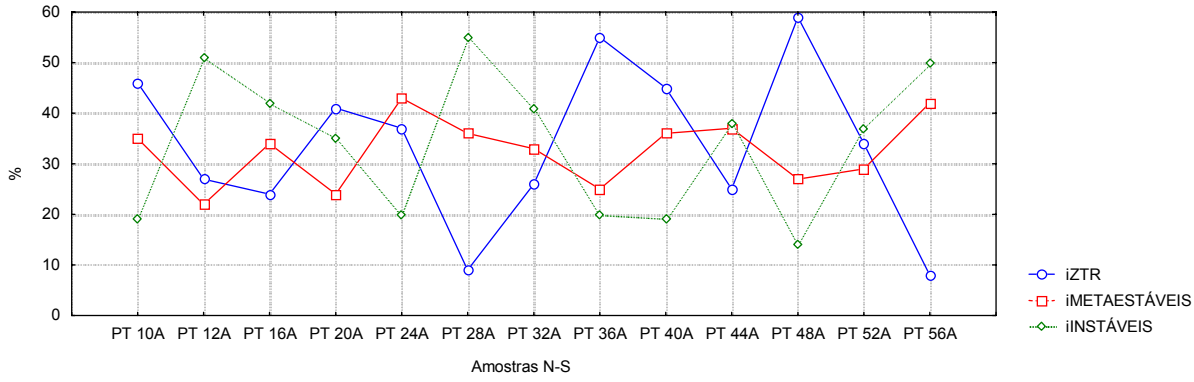


Figura 3.59: Variação nos índices somatórios de minerais pesados ultraestáveis (iZTR), metaestáveis e instáveis, de N-S ao longo das praias do município de Itapoá.

O padrão de variação observado nos gráficos das figuras 3.58 e 3.59, indicam um transporte preferencial em sentido sul.

Este padrão apresenta divergência com os padrões encontrados nas praias do Estado do Paraná, situadas a norte da área de estudo (Angulo *et al.* 1994, Giannini *et al.* 1995). Porém, quando se compara a distribuição dos teores de minerais ultraestáveis com o índice ZTR, verifica-se que o zircão apresenta teores anômalos nas amostras coletadas ao sul ocasionando o aumento do índice ZTR, e na análise microscópica destes minerais, verificou-se que os grãos são em geral euédricos a subeuédricos, com baixo grau de arredondamento, indicando pouco transporte. Isto indicaria que a rocha fonte deste mineral estaria próxima.

3.2.5 DISCUSSÃO

A análise dos resultados granulométricos e mineralógicos evidenciou sentidos de transporte divergentes, com a granulometria indicando transporte para norte e a mineralogia, para sul.

Uma das hipóteses levantadas para explicar este padrão divergente é o aporte de sedimentos pelos rios que desembocam na praia. Estes rios podem estar trazendo sedimentos ricos em minerais pesados, especialmente o zircão, que mascarariam os efeitos da deriva. Outra hipótese está relacionada a representatividade de uma amostragem unitemporal e pontual (0 a 15 cm de profundidade) ao longo de uma única linha da praia para identificar a deriva litorânea liquida, com têm sido sugerido em trabalhos anteriores (e.g. Giannini 1987, 1993; Angulo *et al*. 1994).

Quando se compara os resultados dos indicadores sedimentológicos com as feições morfológicas, verifica-se que a mineralogia é a única que apresenta padrão divergente, já que as feições observadas nas praias de Itapoá, como as desembocaduras e os esporões arenosos, apresentam-se inflexionados para norte, indicando um sentido de transporte preferencial nesta direção, coincidindo com os resultados obtidos na granulometria.

Uma análise mais detalhada evidencia que as amostras com teores anômalos (36A, 40A e 48A – Figura 3.58), foram coletadas próximas à desembocadura do Córrego das Palmeiras (Figura 3.53), sendo que este córrego tem sua nascente nas rochas do embasamento. Segundo Siga Jr. *et al*. (1993) estas rochas, correspondentes ao Cinturão Granitóide Costeiro, apresentam como principais minerais acessórios opacos, zircão, apatita, titanita e epídoto.

Numa tentativa de confirmar a primeira hipótese foram analisadas duas amostras coletadas nas margens deste córrego, os resultados mostraram que os sedimentos são ricos em minerais ultraestáveis (77 e 62 %), sendo o zircão o mineral com maior freqüência (63 e 47 %), o que poderia explicar a divergência no sentido de transporte. Porém, há necessidade de uma análise mais detalhada de amostras de outros córregos e rios, bem como dos próprios sedimentos das praias, para tentar definir com segurança o sentido de transporte, bem como verificar a existência de células de deriva litorâneas ao longo das praias de Itapoá, pois estas poderiam mascarar o sentido da deriva líquida.

3.3 VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NAS ÚLTIMAS DÉCADAS[4]

3.3.1 INTRODUÇÃO

As variações da linha de costa podem estar associadas a diversos fatores tais como a variação do nível relativo do mar e mudanças climáticas de ordem global ou regional e ainda ocupação antrópica (Angulo 1993a, b; Tomazelli *et al.* 1996). Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos no mundo todo na tentativa de detectar e compreender estas variações.

No litoral do Estado do Paraná Angulo (1993b) identificou variações da linha de costa com magnitudes de poucos metros até várias centenas de metros nas últimas quatro décadas. Segundo este autor as maiores variações ocorreram em áreas associadas às desembocaduras dos estuários, devido ao deslocamento de barras e canais dos deltas de maré vazante.

Com o objetivo de detectar as variações da linha de costa nas últimas décadas na costa do município de Itapoá foram efetuadas comparações de fotografias aéreas verticais de diversas datas.

3.3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para identificar as variações da linha de costa foram utilizadas fotografias aéreas dos anos de 1957 e 1978, na escala 1:25.000 e do ano de 1995, na escala 1:12.500.

A comparação das fotos aéreas foi feita a partir de fotointerpretação tradicional e sobreposição de *overlays,* com o auxílio dos programas *Adobe Photoshop* (versão 4.0, 1996), e *Free Hand for Windows* Versão 7.0.

---

[4] Parte deste item foi publicado por Souza & Angulo (1997a)

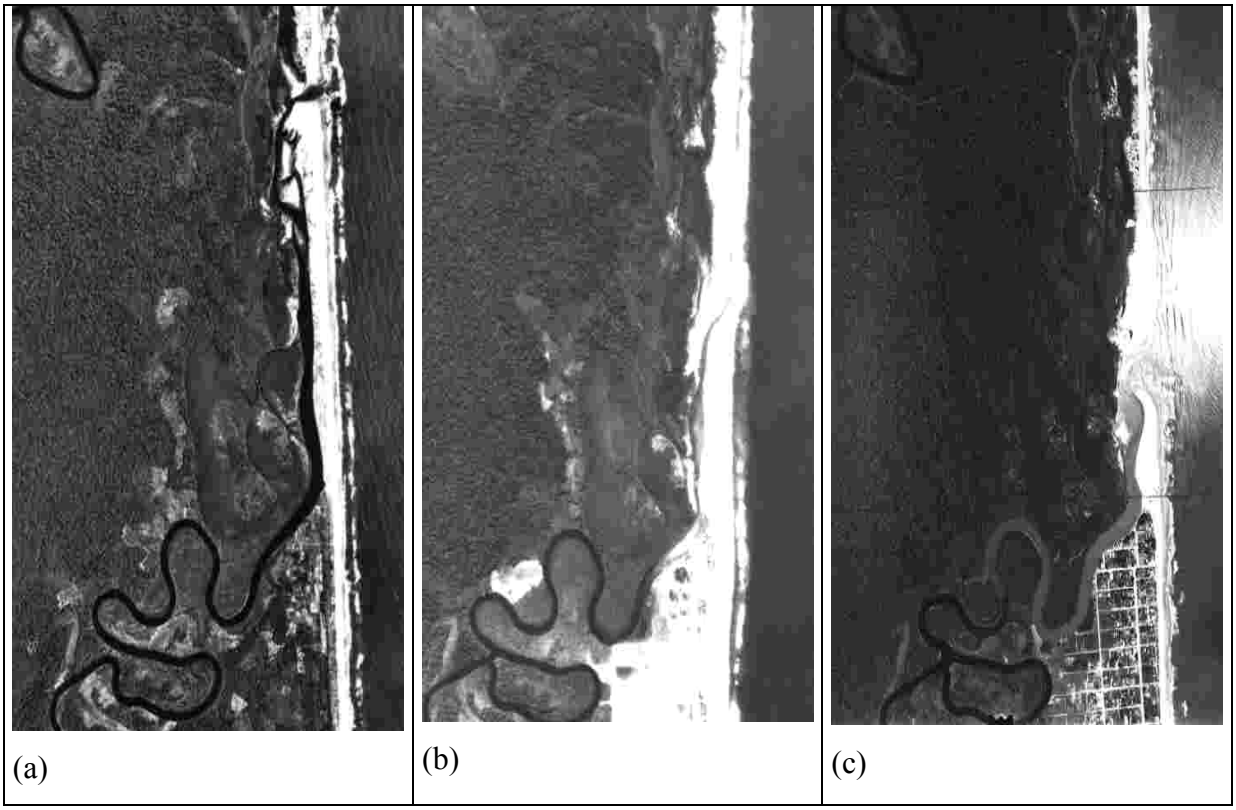
3.3.3 RESULTADOS

Ao fim da análise a costa de Itapoá foi dividida em três setores que apresentaram diferentes tipos de variação na morfologia da costa. Um ao norte, localizado entre as desembocaduras dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim, outro na parte central entre as desembocaduras do Rio Saí-Mirim e do Córrego das Palmeiras, e um terceiro na parte sul, associado à desembocadura da Baía de São Francisco do Sul (Figura 3.60).



Figura 3.60: Vista aérea da planície costeira de Itapoá: Setor norte (A); setor central (B); setor sul (C).

No setor Norte verificaram mudanças principalmente na posição da foz do rio. No ano de 1957, o esporão arenoso da margem direita da desembocadura tinha uma extensão de cerca de 1,5 km, em 1978 e 1995 o esporão apresentava-se mais curto, 0,9 km e 0,5 km respectivamente. Consequentemente a desembocadura do rio localizava-se mais ao sul (Figura 3.61).



(a) (b) (c)

Figura 3.61: Fotografias aéreas verticais mostrando a posição da desembocadura do Rio Saí-Mirim nos anos de 1957 (a), 1978 (b) e 1995 (c)

A posição da desembocadura sucessivamente mais para o sul entre 1957 e 1995, pode ser interpretada como originada por um processo de migração contínua da desembocadura na direção norte, provocado pela obstrução do canal pela deriva litorânea predominante (sul-norte) e eventos de ruptura do esporão em momentos de alta descarga do estuário, que abririam uma nova desembocadura ao sul no local onde se inicia o esporão (Figura 3.62). Após estes eventos a desembocadura migraria continuamente para o norte até uma nova ruptura do esporão e fechamento da desembocadura antiga pela deriva litorânea.

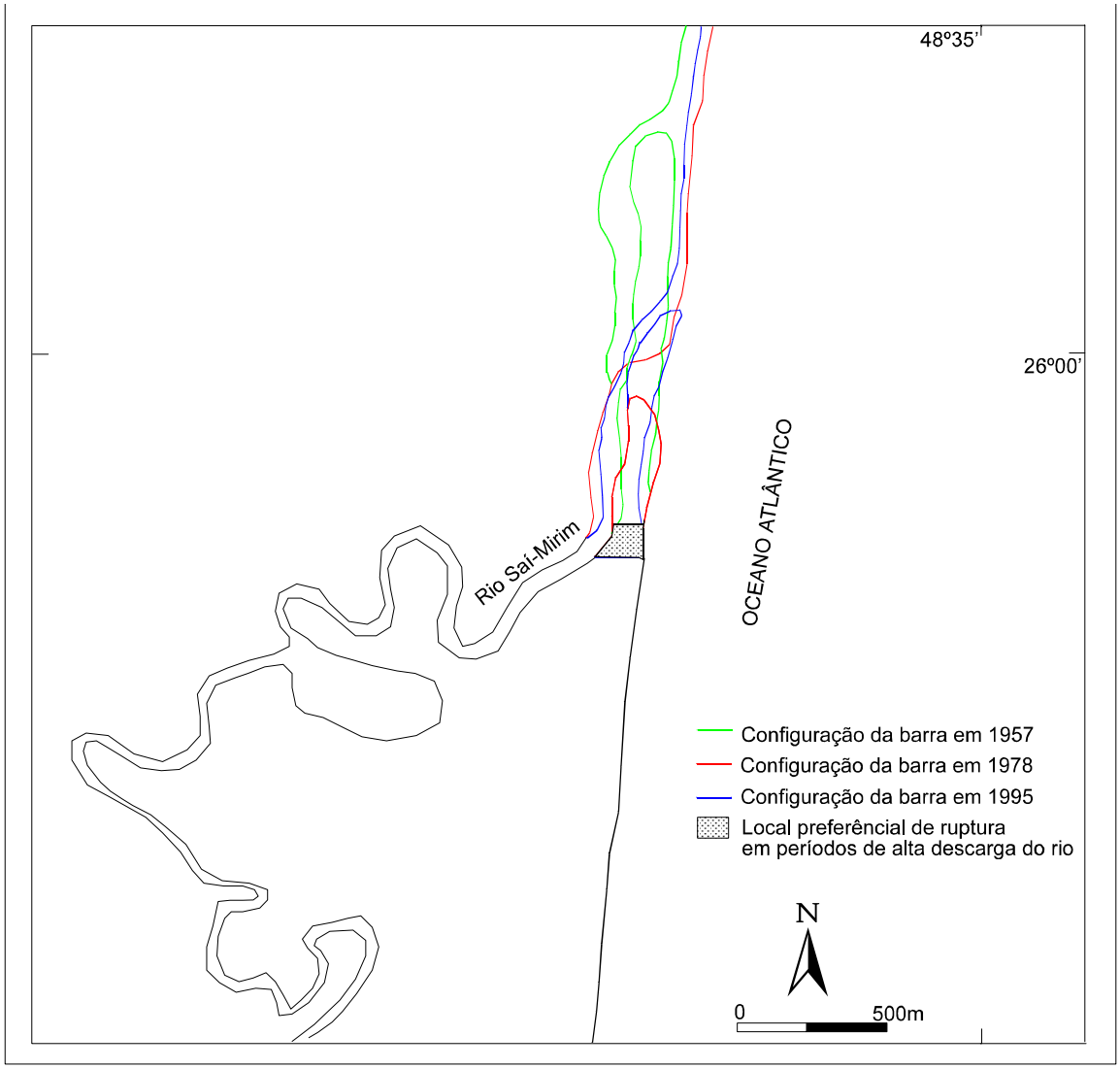
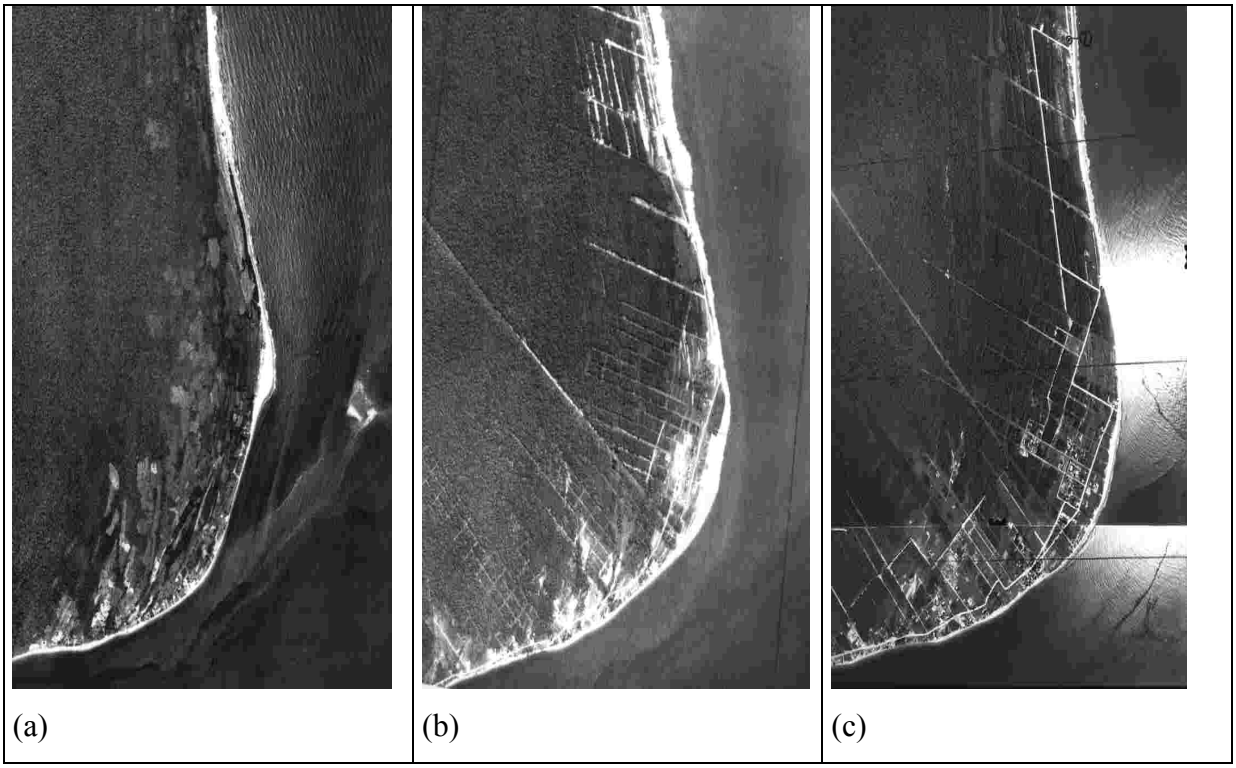


Figura 3.62: Comparação da configuração da costa na área de influência da desembocadura do Rio Saí-Mirim no período de 1957 a 1995

No setor Central não foram observadas, nas fotografias aéreas, variações na sua configuração no período entre 1957 e 1995.

No setor Sul verificaram-se diversos graus de modificação da linha de costa, tanto de recuo como de avanço. Na fotografia de 1957 observa-se que, na frente do balneário de Figueira do Pontal, a uma distância aproximada de 600 m, a ocorrência de bancos de areia semi-submersos, que provocavam intensa refração e difração de ondas. Na área de sombra destes bancos, que coincidia com o ponto de inflexão da linha de costa, ocorria um alargamento da zona de praia (Figura 3.63a).



(a) (b) (c)

Figura 3.63: Fotografias aéreas verticais dos anos de 1957(a), 1978(b) e 1995(c), do balneário de Figueira do Pontal, próximo à desembocadura da Baía de São Francisco. Note-se que o banco arenoso semi-submerso, e o alargamento da zona da praia na área de sombra deste banco, somente são visíveis na fotografia de 1957.

Comparando as fotografias de 1957 e 1978 observa-se que houve progradação de cerca de 200 m da linha de costa, com um acréscimo de área em torno de 15 ha e deslocamento do ponto de inflexão da costa 250 m para o Sul. Os bancos semi-submersos visíveis em 1957, não se observam em 1978, apesar das fotografias terem sido batidas aproximadamente com o mesmo nível de maré, fato evidenciado pela largura da praia semelhante em outros setores da costa (Figuras 3.63a, b, 3.64).

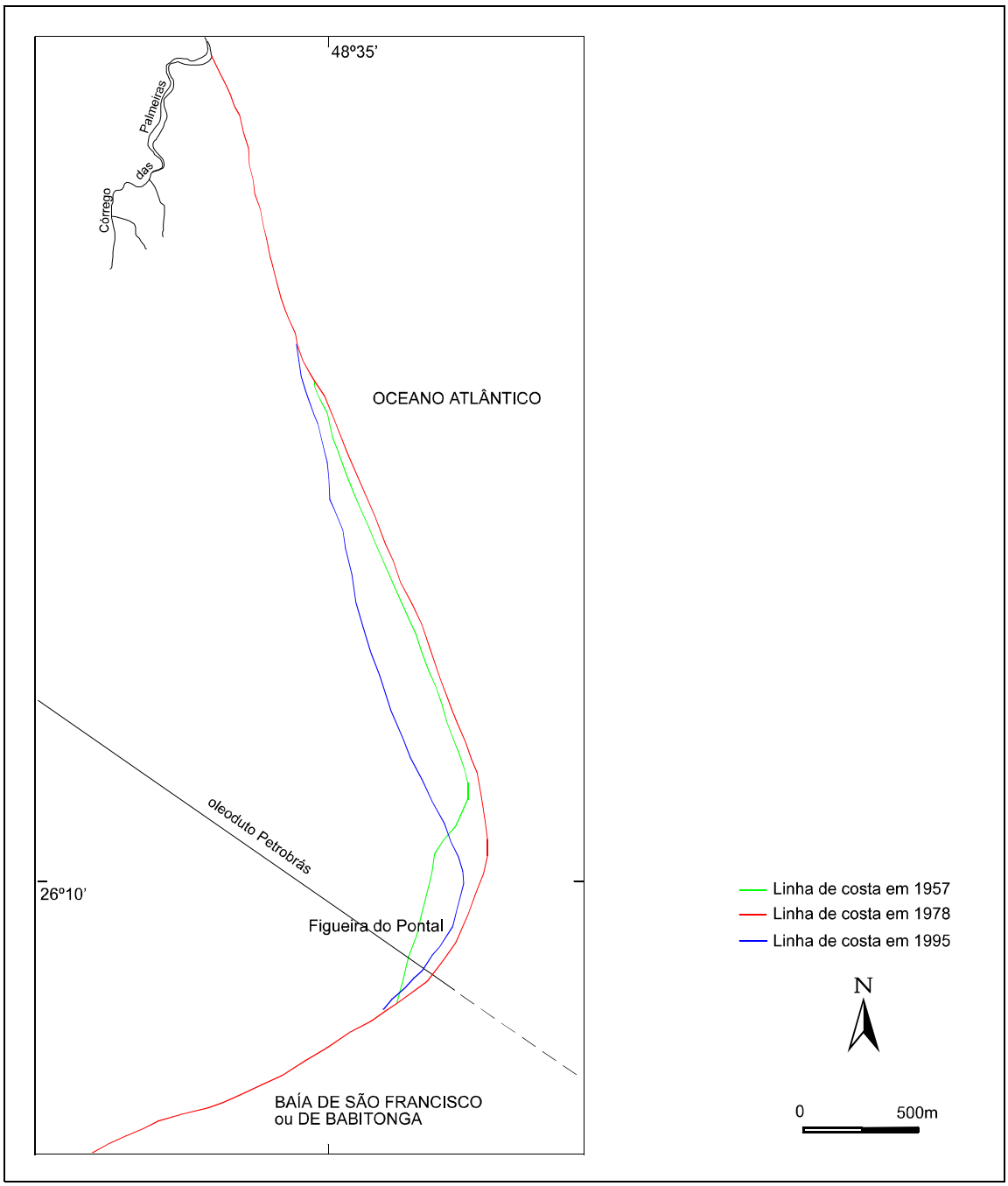


Figura 3.64: Comparação da configuração da costa na área de influência da desembocadura da Baía de São Francisco no período de 1957 a 1995.

Na fotografia de 1995 nota-se que houve intensa erosão, principalmente ao norte do pontal (aproximadamente 38 ha), tendo sido verificado um recuo da linha de costa em torno de 250 m. O ponto de inflexão da costa em 1995 está localizado 200 m ao sul em relação a 1978 e os bancos semi-submersos também não são observados (Figuras 3.63b,c, 3.64).

3.4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O monitoramento de perfis praiais na costa de Itapoá, entre agosto de 1996 e junho de 1998, além de variações sazonais, evidenciaram intensos processos erosivos e recuos da linha de costa da ordem de dezenas de metros.

Por outro lado, na comparação de fotografias aéreas de diferentes datas também foram evidenciados diversos graus de variações na morfologia da costa, tanto por recuo como por avanço da linha de costa.

Quais seriam as causas destas variações?

As principais mudanças da configuração da morfologia da costa verificadas nas fotografias aéreas ocorreram nas áreas de próximas às desembocaduras do Rio Saí-Mirim e da Baía de São Francisco

As variações observadas na desembocadura do Rio Saí-Mirim foram interpretadas como uma mudança cíclica da desembocadura relacionada aos processos de migração pela deriva litorânea e retificação pela descarga fluvial (item 3.3.3.). Já, as mudanças verificadas na área próxima da desembocadura da Baía de São Francisco poderiam ser associadas mudanças na configuração de barras e canais do delta de vazante, como verificado por Angulo (1993b) no Estado do Paraná.

Com base na batimetria da carta náutica (Figura 3.65) e nas fotografias aéreas de 1957, as feições de fundo próximas à desembocadura da Baía de São Francisco podem ser interpretadas como um delta de maré vazante, onde é possível reconhecer o lobo frontal, definido pela isóbata de 5 m, o canal principal de vazante, a barra marginal do canal principal e o canal de enchente (Figura 3.65)

Segundo Angulo (1993b) as variações dos deltas de vazante provocariam mudanças naturais na linha de costa, da mesma magnitude verificadas em Itapoá. Porém, as variações associadas ao delta da Baía de São Francisco podem ter a contribuição de fatores antrópicos, pois, na década de 30 o fechamento do Canal do Linguado (Figuras 1.8 e 1.9) alterou a dinâmica da baía (Coppetec 1997). Um dos efeitos mais visíveis do fechamento do Canal do Linguado foi a obstrução da desembocadura sul da Baía de São Francisco. Significativo volume de areia deriva litorânea foi retido na desembocadura sul (Foto 3.16), que pode ter provocado um déficit de areia no delta da desembocadura norte, aumentando o processos erosivos verificados nas últimas quatro décadas.

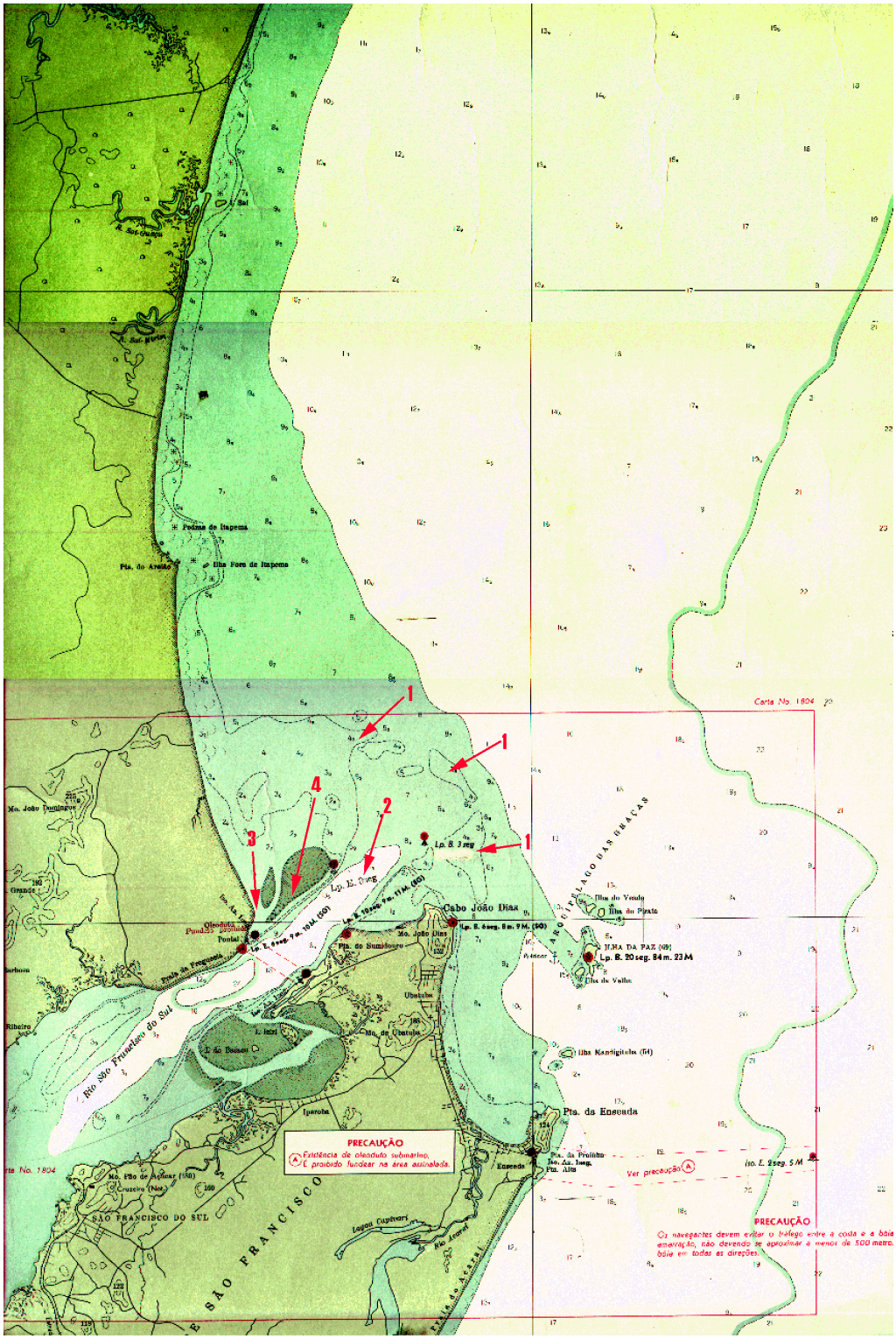


Figura 3.65: Carta náutica da Baía de São Francisco do Sul. Note-se que a isóbata de 5 m define a morfologia do delta de maré vazante. Nesta carta é possível reconhecer: 1) lobo frontal, 2) canal principal de vazante, 3) canal de enchente, 4) barra marginal do canal principal.



Foto 3.16: Vista aérea da desembocadura sul ou Barra do Sul, da Baía de São Francisco do Sul, após o fechamento do Canal do Linguado (Horn Filho 1997). Note-se a obstrução da desembocadura.

Analisando o recuo da linha de costa verificado nos perfis no período de agosto de 1996 a junho de 1998, não se observa uma relação direta entre a magnitude e taxas dos recuos com a localização dos perfis em relação ao delta (Tabela 3.21, Figura 3.2). Enquanto os perfis 6, 7 e 8, que se localizam na área de influência direta do delta apresentaram recuos entre 4,1 e 10,75 m, os perfis 1, 2 e 3, localizados fora da área de influência direta do delta, apresentaram recos entre 1,20 e 11,05.

Comparando o recuo da linha de costa verificado nos perfis no período analisado (Figura 3.66), com a ocorrência de fenômenos El Niño e La Niña (Figura 3.67), observa-se que nos levantamentos de agosto de 1996 e fevereiro de 1997, a temperatura da superfície do mar sobre o Oceano Pacífico Equatorial, estava muito próxima à média climatológica, porém ainda havia a presença de um fraco fenômeno La Niña (CPTEC/INPE/ELNINHO 1996, 1997, 1999, CPTEC/INPE/LANINHA 1996, 1997, 1999). Neste período apenas os perfis 05 e 08 apresentaram recuo, enquanto os demais perfis permaneceram estáveis ou apresentaram avanços da linha de costa, resultando num valor médio de –0,20 m (Tabela 3.26).

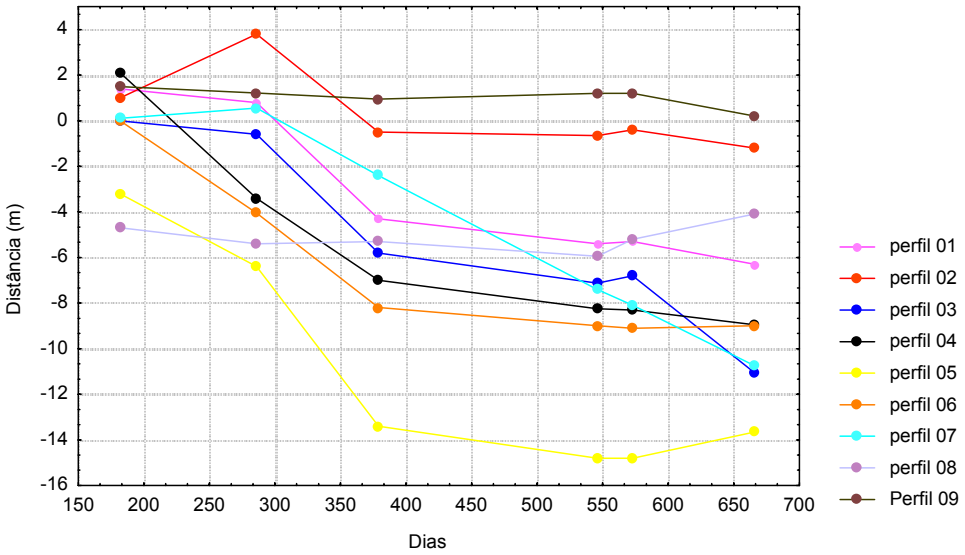


Figura 3.66: Variações acumuladas da linha de costa nos perfis, no período de agosto de 1996 a junho de 1998.

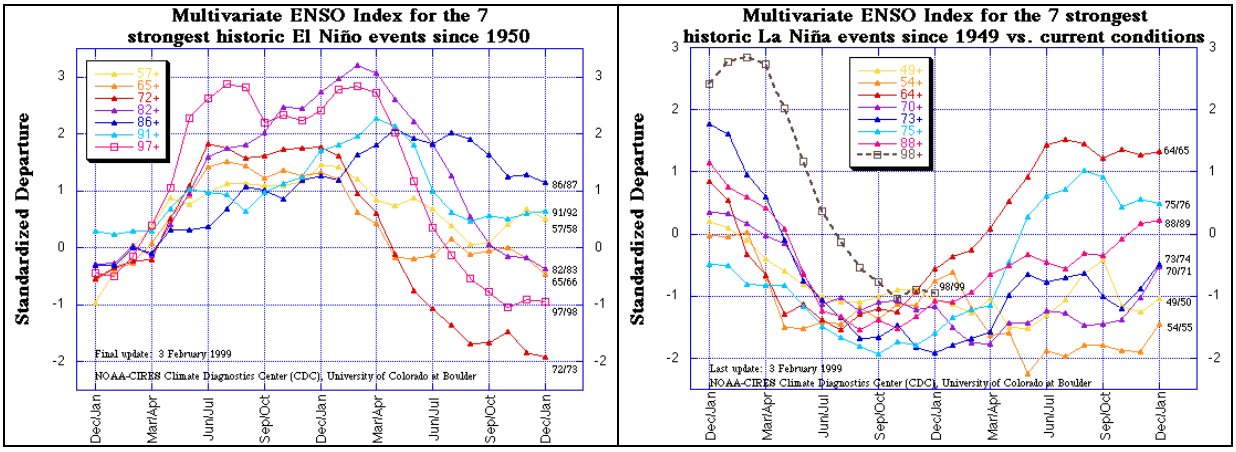


Figura 3.67: Ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña entre 1949 e 1998. (CPTEC/INPE/ELNINHO 1999, CPTEC/INPE/LANINHA 1999).

Tabela 3.26: Variação da posição da linha de costa e taxas de variação nos perfis em períodos de ocorrência de fenômenos La Niña e El Niño.

Período	Normal/La Niña 21/08/96 a 19/02/97		El Niño 19/02/97 a 17/03/98		Normal/La Niña 17/03/98 a 18/06/98	
Perfis	Variação (m)	Taxa cm/dia	Variação (m)	Taxa cm/dia	Variação (m)	Taxa cm/dia
Perfil 01	1,40	0,77	-6,10	-1,56	-1,00	-1,08
Perfil 02	1,00	0,55	-4,10	-1,05	-0,80	-0,86
Perfil 03	0,00	0,00	-6,20	-1,59	-4,25	-5,38
Perfil 04	2,10	1,15	-4,90	-1,25	-0,65	-0,70
Perfil 05	-3,20	-1,76	-8,40	-2,06	1,15	1,24
Perfil 06	0,00	0,00	-5,50	-1,41	0,10	0,11
Perfil 07	0,10	0,05	-8,65	-2,21	-2,65	-2,85
Perfil 08	-4,70	-2,58	0,20	0,05	1,10	1,18
Perfil 09	1,50	0,82	-0,01*	0,00	-1,00	-1,08
Média	-0,20	-0,11	-4,85	-1,23	-0,97	-1,05

* Valor interpolado.

No levantamento de junho de 1997 já estava configurado um intenso fenômeno El Niño que se manteria até o levantamento de março de 1998 (Figura 3.67). Durante este período verificaram-se altos valores de recuo da linha de costa nos perfis 01 a 07, com um valor médio de 6,26 m a uma taxa média de 1,59 cm/dia. Neste período os perfis 08 e 09 mantiveram-se praticamente estáveis (Tabela 3.26).

Nos levantamento de junho de 1998, a temperatura da superfície do mar no Pacífico, estava próxima às condições climatológicas normais, configurando-se posteriormente um novo fenômeno La Niña (Figura 3.67).

Estes dados evidenciam um intenso processo de erosão durante a ocorrência de um fenômeno El Niño, porém, como não se tem dados de monitoramento de períodos normais ou de La Niña, torna-se difícil correlacionar estas variações ao efeito exclusivo do El Niño.

O fenômeno El Niño ocasiona na região sul do Brasil aumento das ondas de tempestades provenientes de Sul e Sudeste (CPTEC/INPE/ELNINHO 1997).

As ondas de tempestades ao atingirem a praia provocam remoção de areia da parte alta da praia, da berma ou das dunas, e deposita em forma de barras lineares subparalelas à costa na parte submersa da praia. Este processo se reverte durante as ondas de bom tempo, reconstruindo a praia novamente (Wrigth & Short 1983). Assim, o aumento na freqüência das ondas de tempestades provocaria um desequilíbrio no balanço do transporte transversal, pois parte do material anteriormente depositado na barra é perdido para a plataforma, pelo aumento do transporte de fundo pelas correntes de retorno (*rip currents*) em direção mar.

Outro fator que pode ter contribuído para o aumento nas taxas de recuo da linha de costa em Itapoá, durante o período El Niño, é o aumento da pluviosidade. O incremento da pluviosidade poderia aumentar a descarga dos rios na Baía de São Francisco, e consequentemente ocasionar aumento na velocidade e intensidade das correntes de vazante. Assim, o lobo frontal do delta seria deslocado em direção ao mar, modificando o padrão de refração de ondas e consequentemente provocando mudanças na configuração da linha de costa. Um deslocamento deste tipo foi descrito por Angulo (1993b) na Baía de Guaratuba, litoral sul do Estado do Paraná.

O curto período de monitoramento, a metodologia utilizada no levantamento dos perfis e a complexidade da área, torna difícil obter respostas conclusivas a estes processos.

Seria necessário monitorar o comportamento das praias ao longo de um período que incluísse situações normais e de La Niña e El Niño. O levantamento dos perfis deveria ser

mais freqüente, pelo menos mensal, e incluir a toda parte submersa da praia. Ademais, seria necessário maior controle dos parâmetros climáticos (precipitação e ventos) e oceanográficos (ondas, marés e correntes).

Seria necessário também conhecer os efeitos das oscilações, tipo El Niño, do Atlântico Sul, já identificadas porém, ainda não compreendidas (CPTEC/INPE/CLIMANALISE 1997).

4 SUBSÍDIOS À OCUPAÇÃO[4]

O município de Itapoá foi criado no ano de 1993, a partir do desmembramento dos municípios de São Francisco do Sul e Garuva. Observando as fotografias aéreas percebe-se que a ocupação no ano de 1957 estava restrita a vilas de pescadores na Barra do Saí, no Pontal do Areião e Figueira do Pontal. Já, em 1978 são visíveis diversos loteamentos ao longo de quase toda a costa. A partir deste ano nota-se uma intensificação da ocupação, principalmente próxima à linha de costa. Como já observado em outras regiões do Brasil, por exemplo o litoral do Estado do Paraná, a ocupação caracteriza-se pela destruição das dunas frontais e pela localização das construções e infra-estrutura muito próxima à linha de costa.

Os processos erosivos e as variações de linha de costa têm causado diversos problemas nas áreas ocupadas próximas à costa, tais como destruição de construções e de infra-estrutura e perdas de lotes urbanos. Além, dos problemas causados pela erosão costeira, também foi verificada, durante os trabalhos de campo, erosão das praias e do sistema viário provocada pelo escoamento das águas pluviais (Foto 4.1 e 4.2).



Foto 4.1: Problemas erosivos causados pela drenagem de águas pluviais verificados em fevereiro de 1998. A) erosão causada por escoamento superficial próximo ao perfil 09; B) destruição da avenida Beira Mar próximo ao perfil 04.

[4] Algumas das recomendações feitas neste capítulo, já foram realizadas para o litoral do Estado do Paraná, e publicadas por Angulo *et al.* (1999).



Foto 4.2: Problemas erosivos verificados após intensa ressaca ocorrida em junho de 1997. A) destruição da avenida Beira Mar ao sul do perfil 02; B e C) destruição de lotes e construções ameaçadas próximo ao perfil 03; D) destruição de lotes e infra-estrutura hidráulica próximo ao perfil 05.

De acordo com a classificação dos diversos setores da costa descrito no item 3.3., as variações da linha de costa observadas nas últimas décadas e as características morfodinâmicas das praias podem ser sugeridas as seguintes recomendações da costa de Itapoá:

1. A não invasão da praia pelas construções,
2. A manutenção das dunas frontais, que funcionam como um estoque de areia regulador da erosão da praia e de estabilidade da linha de costa.
3. A não realização de obras que possam alterar a dinâmica e o equilíbrio costeiro, tais como, canais artificiais que formem barreiras hidráulicas, espigões, que diminuam o impeçam a deriva litorânea de sedimentos, entre outros.

No setor compreendido entre a desembocadura do Rio Saí-Mirim e o Córrego das Palmeiras, onde começa a área de influência do delta de maré vazante da Baía de São Francisco, correspondente as praias de mar aberto:

1. A não ocupação e manutenção das caraterísticas naturais de uma faixa de, no mínimo, 50 m a partir da linha de costa atual. Este recuo, geralmente é suficiente para garantir uma faixa de segurança neste tipo de costa de mar aberto onde os principais agentes da dinâmica costeira são as ondas e as correntes de deriva litorânea.

No setor ao sul do Córrego da Palmeiras até as proximidades do Farol, cuja as praias estão sob influência da dinâmica do delta de maré vazante da Baía de São Francisco, onde foram verificadas variações da linha de costa da ordem de centenas de metros nas últimas quatro décadas:

1. A não ocupação e manutenção das caraterísticas naturais de uma faixa de no mínimo 100 m de largura, contada a partir da linha de costa atual. Entre os ambientes costeiros protegidos nesta faixa encontram-se as dunas frontais, que são um dos principais ambientes que funcionam como estabilizadores da linha de costa.
2. A não ocupação e manutenção das caraterísticas naturais de áreas que podem ser acrescidas por processos de sedimentação, por serem altamente instáveis e sujeitas à reversão do processo.

As medidas listadas tem caráter preventivo e visam minimizar o potencial de ocorrência de problemas de erosão costeira.

Nas áreas onde estas faixas de proteção recomendadas já estão total ou parcialmente ocupadas ou descaracterizadas deveriam ser realizados estudos específicos em escala de detalhe (igual ou maior que 1:10.000) para identificar em cada caso qual a solução mais recomendada para o problema. Contudo, diversas medidas gerais para estas faixas ocupadas podem ser sugeridas:

1. Realizar um mapa de risco em escala de detalhe.
2. Recuperar as condições naturais, com recomposição de dunas frontais, alimentação artificial de praias e recomposição da drenagem, quando for possível
3. Retirar as construções sobre a faixa, quando for possível.

4. Realizar estudos específicos antes da implementação de qualquer obra de controle de erosão, para que estas não venham provocar alterações da dinâmica litorânea e acarretar desequilíbrios em outros setores da costa antes estáveis.

Um caso particular é a área compreendida entre as desembocaduras dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim. A costa entre estas desembocaduras tem características similares a uma pequena ilha-barreira, porque existe um canal de ligação entre o Rio Saí-Mirim e o Rio Saí-Guaçu (Figura 4.1), este canal é margeado por manguezais.

Esta área não apresenta ocupação, existindo apenas uma residência abandonada e não possui acesso por terra. Estas características a tornam uma área ideal para a criação de uma área de proteção ambiental.

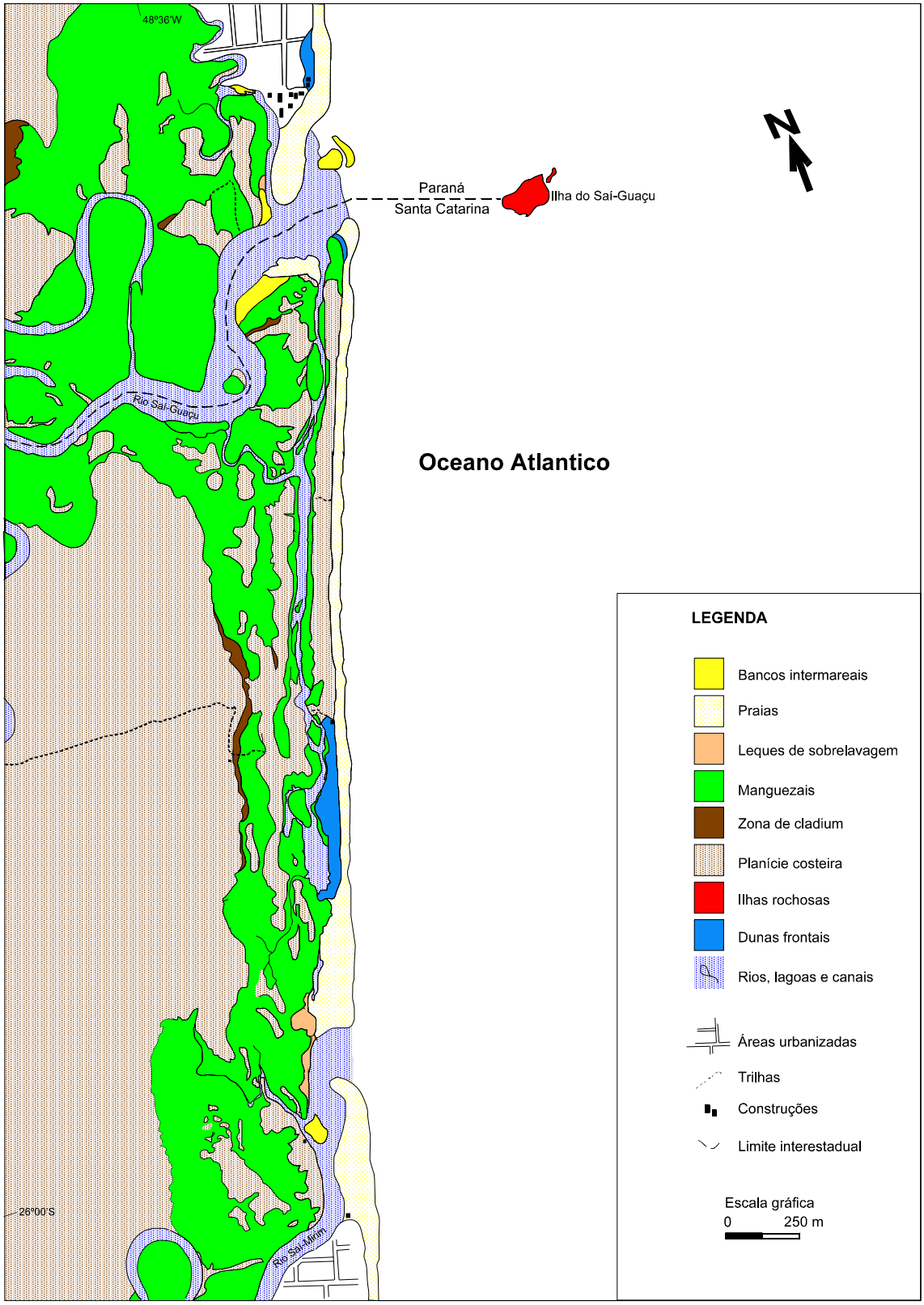


Figura 4.1: Geomorfologia da zona costeira entre as desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.H.G. de M. 1996. *Refração do espectro de ondas oceânicas em águas rasas: Aplicações à região costeira de São Francisco do Sul, SC*. Engenharia Ambiental, Uso e Proteção de Ambientes Costeiros, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Dissertação de Mestrado (inéd.) 89p.

ANGULO, R. J. 1989. Fossil Vermetidae between latitudes 25°34'S and 27°09'S, State of Paraná and Santa Catarina - Brasil. In: International Symposium on Global Changes in South América Durig the Quaternary. *Special Publication n° 1*. São Paulo. p. 263-268.

ANGULO, R. J. 1992. *Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná.* São Paulo, Inst. Geoc. Univ. S. Paulo. Tese de Doutoramento (inéd.). 334p.

ANGULO, R. J. 1993a. A ocupação urbana do litoral paranaense e as variações da linha de costa. *Boletim Paranaense Geociências*. Curitiba. **41**: 73-81.

ANGULO, R. J. 1993b. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. *Boletim Paranaense Geociências*. Curitiba. **41**:52-72.

ANGULO, R. J. 1995. Caracterização e reavaliação da Formação Alexandra (Terciário) e de sedimentos continentais associados a vertentes no litoral do Estado do Paraná, Brasil. *Anais Acad. Bras. Ciên.* Rio de Janeiro.**67**(4):443-463.

ANGULO, R. J. 1996. Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. *Bol. Par. Geociências*, Curitiba. **44**:51-57.

ANGULO, R. J.; GIANNINI, P. C. F.; KOGUT, J.; PRAZERES F.º, H. J.; SOUZA, M. C. 1994. Variation of sedimentological parameters with deposition age across a succession of beach-ridges in the Holocene of Mel island, Paraná, Brazil. In: International Sedimentological Congress, 14th. Recife. *Abstracts*... Recife. p. D1-3

ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. de; ARAÚJO, A.D. 1999. Morfodinâmica costeira: subsídios à ocupação. *In*: LIMA, R.E. de; NEGRELLE, R. R. B. (organizadores) *Meio ambiente e desenvolvimento do litoral do Paraná: subsídios à ação* (no prelo).

ANGULO, R.J.; GIANNINI, P. C. F.; SUGUIO, K.; PESSENDA L. C. R. 1998. The relative sea-level changes in the last 5,500 years sourthern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid ^{14}C ages. *Marine Geology*. Amsterdam. (no prelo).

ANGULO, R.J.; SOUZA M.C. de. 1998a. Mapa do Quaternário costeiro do Município de Itapoá, Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40.Belo Horizonte. *Anais...* SBG, Belo Horizonte. p. 257.

ANGULO, R.J.; SOUZA M.C. de. 1998b. Rapid changes in the coast line of Paraná State and northern Santa Catarina State (Brazil). In: Rapid coastal changes in the Late Quaternary: processes, causes modelling, impacts on coastal zones. *Abstracts...* Corinto e Samos, Grecia, IGCP Project 367/INQUA International Quaternary Association. p. 2-3.

ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C. de. 1999. Relative variation curves in sea level during the last 7000 years in Brazil: a review. In: International Union for Quaternary Research "The environmental background to hominid evolution in Africa", XV, INQUA, Durban, South Africa (no prelo)

BASCOM, W. N. 1951. The relationship between sand-size and beach face slope. *Trans. Am. Geophys. Union*., **32**:866-874

BASEI , M.S.A.; SIGA JR., O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). R*ev. Brasileira de Geociências*, **22**(2):216-221

BIGARELLA, J. J. 1965. Nota explicativa acompanhando a folha geológica de Paranaguá. *Bol. Univ. Par. Geol*., Curitiba, n.13. p.15.

BIGARELLA, J. J. 1975. Lagoa dune field (State of Santa Catarina, Brazil), a model of eolian and pluvial activity. *Bol. Par. Geoc.*, Curitiba, **33**:133-167.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D. (eds.) 1975. International symposium on the Quaternary. Topics for discussion. *Bol. Par. Geoc.*, Curitiba, **33**:169-276.

BIGARELLA, J.J.; MARQUES Fº, P.L.; AB'SABER, A.N. 1961. Ocorrência de pedimentos nas fraldas da Serra do Iquererim (Garuva, SC). *Bol. Par. Geogr.* Curitiba, **4** e **5**:82-93.

CALLIARI, L. J.; TOZZI, H. A. M.; KLEIN, A. H. F. 1996. Erosão associada a marés meteorológicas na costa sul-riograndense (CODEMIR/OSNLR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. *Anais...* Salvador, SBG, **IV**:430-434

CARVER, R.E. 1971. Heavy mineral separation. In: CARVER, R.E. ed. *Procedures in Sedimentary Petrology*. New York, Wiley – Interscience. p. 427-452.

COPPETEC, 1997. Estudos hidráulicos e hidrológicos para controle de enchentes na cidade de Joinville. Projeto Joinville – Programa de Saneamento Ambienta. Relatório final. 42p.

CPETC/INPE/CLIMANALISE.1997.http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/index1.html

CPETC/INPE/CLIMANALISE.1998.http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/index1.html

CPTEC/INPE/ELNINHO. 1996. http://www.cptec.inpe.br/products/elninho/elninho1p.html

CPTEC/INPE/ELNINHO. 1997. http://www.cptec.inpe.br/products/elninho/elninho1p.html

CPTEC/INPE/ELNINHO. 1999. http://www.cptec.inpe.br/products/elninho/elninho1p.html

CPTEC/INPE/LANINHA. 1996. http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha1p.html

CPTEC/INPE/LANINHA. 1997.http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha1p.html

CPTEC/INPE/LANINHA. 1999. http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha1p.html

DAVIS Jr., R.A.; FOX, W.T. 1972. Four-dimensional model fro beach and inner nearshore sedimentation. *Journal og Geology*. **80**:484.493

DEAN, R. G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. *In*: Proc. Of. Conf. On Engineering Dynamics in the Suf Zone, Sydney, 208-214.

DHN - DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1995. Tábuas das marés, Porto de São Francisco do Sul para 1996. 33º edição. Rio de Janeiro. Marinha do Brasil. p. 141-143.

DHN - DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1996. Tábuas das marés, Porto de São Francisco do Sul para 1997. 34º edição. Rio de Janeiro. Marinha do Brasil. p. 141-143.

DHN - DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1997. Tábuas das marés, Porto de São Francisco do Sul para 1998. 35º edição. Rio de Janeiro. Marinha do Brasil. p. 141-143.

FINKL JR., C. W. (ed.) 1994. *Coastal hazards: perception, susceptibility and mitigation*. Journal of Coastal Research, Special Issue nº 12. The Coastal Education & Research Foundation. 372 p.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957. Brazos river bar, a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sedimentary Petrology*. **27**(1):2-26.

FOX, W. T.; LADD, J. W.; MARTIN, M. K. 1966. A profile of the four moment measures perpendicular to a shoreline, South Haven, Michigan. *J. Sed. Petrol.* **36**(4):1126-1130

FUCK, R.A.; TREIN, E.; MURATORI, A.; RIVEREAU, Jean-Claude. 1969. Mapa geológico preliminar do litoral, da serra do mar e parte do primeiro planalto no Estado do Paraná. *Bol. Par. Geociências*. **27**:123-152

GIANINNI, P. C. F.; ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. de; KOGUT, J. S. 1995 Evidências de um padrão celular de correntes de deriva litorânea na costa leste da ilha do Mel (PR). In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 5. Niterói. *Resumos expandidos*... ABEQUA. São Paulo, p. 120-127.

GIANNINI, P. C. F. 1987. *Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém (SP)*. São Paulo, Inst. Geoc. Univ. São Paulo. Dissertação de Mestrado (inéd.) 2v., 234p., 3 mapas.

GIANNINI, P. C. F. 1993. *Sistemas Deposicionais no Quaternário Costeiro entre Jaquaruna e Imbituba, SC.* São Paulo, Inst.Geoc.Univ.S.Paulo. Tese de Doutoramento (ined.) 2v., 439 p., 2 mapas.

GOBBI, E.F. 1997. *Gerenciamento costeiro: análise de casos do litoral do Paraná sob a perspectiva da engenharia costeira*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. 277p.

HORN Fº, N.O. 1997. *O Quaternário costeiro da Ilha de São Francisco do Sul e arredores, Nordeste do Estado de Santa Catarina – aspectos geológicos, evolutivos e ambientais*. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Tese de Doutorado. 312p.

HORN Fº, N.O.; RUHLAND, J.; INUI, R.Z.; CERUTTI, R.L.; HAUFF, S.N.; LUZ, V.J.P.; GRÉ, J.C.R.; HOERHAN, E.L.S. 1993. Mapeamento geológico do Cenozóico do litoral Norte de Santa Catarina - Folhas Garuva e São Francisco do Sul. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 5, Curitiba, *Resumos e Programa*... SBG, Curitiba. p. 39-40.

ISLA, F.I. 1991. Spatial and tempora; distribution of beach heavy minerals: Mar Chiquita, Argentina. *Ocean & Shoreline Management*, Northern Ireland. **16**:161-173

JACOBSEN, E.E.; SCHWARTZ, M.L. 1981. The use of geomorphic indicators to determine the direction of net shore-drift. *Shore & Beach*. **49**(3):38-49.

KING, C. A. M. 1972. *Beaches and coasts* (sec.ed.). Edward Arnold, 570p.

KLEIN, A. H. F. 1996. *Concheiros do Albardão: variações espaço-temporais dos sedimentos e da morfologia praial*. Geociências, UFRGS. Dissertação de Mestrado (inéd.), 120p.

KLEIN, R.M. 1984. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. *Sellowia*. **36**:5-54.

KOMAR, P. D. 1976. *Beach process and sedimentation.* Englowood Cliffs. Prentice-Hall. 429p.

KOMAR, P. D. 1983. Beach processes and erosion – an introduction. *In*: KOMAR, P.D. (ed.), *CRC Hardbook of Coastal Processes and Erosion.* CRC Press, Inc, Florida, EUA, 1-20.

LABOREL J. 1986. Vermetid gastropods as sea-level indicators. In: VAN DE PLASSCHE, O. ed. *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. Norwich. Geo Books. p.281-310.

LESSA, G.C.; ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.; ARAÚJO, A.D. 1999. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in South Brazil. *Marine Geology,* Amsterdam (submetido)

LIMA, M.R. de; ANGULO, R.J. 1990. Descoberta de microflora em um nível linhítico da Formação Alexandra, Terciário do Estado do Paraná, Brasil. *Anais Acad. Bras. Ciên.*, Rio de Janeiro, **62**(4):357-371.

LOPES, O.F. 1987. Zoneamento metamórfico da Formação Rio das Cobras do pré-Cambriano do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3, Curitiba. *Atas*... SBG, Curitiba, v:1, p.303-312

LOPES, O.F.; LIMA, R.E. 1985. Nota preliminar sobre a geologia da Serra da Prata, PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, **36**:65-68.

MARONE, E.; CAMARGO, R. 1994. Marés meteorológicas no litoral do estado do Paraná. O evento de 18 de agosto de 1993. *Nerítica*, 8(1-2):73-85.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L; SUGUIO, K.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; FLEXOR,J.M. 1983. Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. *Cahier ORSTOM, Sér. Geól*. Paris. **XIII**(1):59-81

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. 1988. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Série Geol. DNPM*. Brasília, n.28. 40p. 2 mapas.

MASSELINK, G. 1992. Longshore variation of grain size distribution along the coast of the Rhône Delta, Southern France: a test of the "McLaren model". *Journal of Coastal Research.* **8**(2):286-291.

MASSELINK, G. 1993. Simulating the effects of tides on beach morphodynamics. *J. Coastal Res.* **SI15**:180-197.

McLAREN, P. 1981. An interpretation of trends in grain measures. *J. Sedimentary Petrology.* **51**(2):611-624.

McLAREN, P.; BOWLES, D. 1985. The effects of sediment transport on grain-size distributions. *J. Sedimentary Petrology*. **55**(4):457-470.

MELO, M.S. de. 1990. *A Formação Pariqüera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese*. São Paulo. Curso de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado (inéd.) 211p.

MUEHE, D. 1994. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A.J.T & CUNHA, S.B. da (Orgs.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.* Editora Bertrand Brasil S.A. 2ª edição, p. 253-301.

SHORT, A.D. 1984. Beach and nearshore facies: southeast Australia. *Marine Geology*. **60**:261-282.

SHORT, A.D.; HESP, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in Southeastern Australias. *Marine Geology*. **48**:259-284

SHORT. A.D. 1979. Three dimensional beach stage model. *Journal of Geology*. **87**:553-571.

SIGA Jr., O; BASEI, M.A.S.; MACHIAVELLI, A. 1993. Evolução geotectônica da porção NE de Santa Catarina e SE do Paraná, com base em interpretações geocronológicas. *Rev. Bras. Geociências*. **23**(3):215-223.

SILVA, L.C.; DIAS, A.A. 1981a. Os segmentos mediano e setentrional do Escudo Catarinense: I – Geologia. Acta Geológica Leopoldensia, **5**(10):3-120.

SILVA, L.C.; DIAS, A.A. 1981b. Os segmentos mediano e setentrional do Escudo Catarinense: II – Organização e evolução geotectônica. Acta Geológica Leopoldensia, **5**(10):121-140.

SOUZA M.C. de; ANGULO, R.J.; BASSO, J.B.; DELAI M.S. 1998. Interpretação da deriva litorânea a partir de evidências morfológicas e variações sedimentológicas ao longo das

praias de Itapoá (SC). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40. Belo Horizonte. *Anais...* SBG, Belo Horizonte. p. 256.

SOUZA, M.C. de; ANGULO, R. J. 1997a. Variações na morfologia costeira do município de Itapoá (SC) no período de 1978 a 1995 In. Congresso Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 6, Curitiba. *Resumos Expandidos*...Curitiba, ABEQUA, p. 137-141.

SOUZA, M.C. de; ANGULO, R.J. 1997b. Variações temporais nas características morfológicas de perfis praias em Itapoá-SC In. Congresso Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 6, Curitiba. *Resumos Expandidos*...Curitiba, ABEQUA, p. 142-146.

SUGUIO, K.; MARTIN, L,; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. de 1986. The Quaternary sedimentary deposits in the States of Paraná and Santa Catarina coastal plains. *Quaternary of South America and Antartic Peninsula*. Balkema, **2**:3-25.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1987. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. In. Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira, 1, Cananéia. *Anais...* Academia de Ciências do Estado de São Paulo, São Paulo, **2**:1-28.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. de. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Rev. Bras. Geoc.*, São Paulo, **5**(4):273-286.

SUNAMURA , T. 1984. Quantitative predictions of beach-face slopes. *Geological Society of America Bulletin*. **95**:242-245.

TAGGART, B.E.; SCHWARTZ, M.L. 1988. Net shore-drift direction determination: a systematic approach. *J. Shoreline Management*. **3**:285.309.

TESSLER, M.G.; MAHINQUES, M.M. 1993. Utilization of coastal geomorphic features as indicators of lonshore transport: examples of the Southern coastal region of the State of São Paulo. *Journal Coastal Research*. **9**(3):823-830.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DILLENBURG, S.R.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. 1996. A erosão costeira no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36. Salvador. *Anais...* Salvador, SBG, **IV**:435-438.

TRANSK, P.D.; JOHNSON, C.A. 1995.Sand variations at Point Reyes, California. B.E.B. *Tech. Memo*. **65**

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J.; LOSS, E. L.; DEHNHARDT, E. A.; HORN Fº, N. O.; BACHI, F. A.; DEHNHARDT, B. A. 1986. Geology of Rio Grande coastal province. *Quaternary of South America and Antartic Peninsula*. Bakema, **4**:79-97.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: KOMAR, P.D. *CRC Handbook of coastal processes and erosion*. CRC Press, Inc. Flórida. p. 35-64

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology.* **56**:93-118.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D.; GREEN, M.O. 1985. Short term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. *Marine Geology*. 62:339-343.

WRIGTH, L.D.; CHAPPEL, J.; THOM, B.G.; BRADSHAW, M.P.; COWELL, P. 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Marine Geology*. **32**:105-140.

WRIGTH, L.D.; MAY, S.K.; SHORT, A.D.; GREEN, M.O. 1984. Beach and surf zone equilibria and response times. *In*: Proc. 19th Coastal Eng. Conference, ASCE. Houston, Texas. 2150-2164

ANEXO I – MAPA GEOLÓGICO DO QUATERNÁRIO COSTEIRO DO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ, ESTADO DE SANTA CATARINA

48°40'W
48°35'W
26°00'S
26°05'S
PR-412
Guaratuba
Paraná
Santa Catarina
Rio Saí-Guaçu
Ilha Saí-Guaçu
Mina Velha
Balneário
Barra do Saí
Garuva
Rio Saí-Mirim
Vila dos
Pescadores
Ponta do Areião
Ilha de Itapeva
Balneário
Itapema Norte
Balneário
de Itapoá
Córrego das Palmeiras
Balneário
Figueira do Pontal
OCEANO ATLÂNTICO
Baía de São Francisco
ou de Babitonga
Ilha de São Francisco
100
7128
7126
7124
7122
7120
7118
7116
7114
7112
7110
7108
7106
7104
7102
7100
7098
7096
722
724
726
728
730
732
734
736
738
740
742
744

- Praias
- Dunas
- Mangues
- Terraços marinhos
- Planícies paleoestuarinas
- Terraços Marinhos
- Terraços e planícies aluviais
- Leques aluviais e colúvios
- Formação Mina Velha
- Embasamento cristalino
- Lineamentos de cordões litorâneos
- Rios, córregos e canais
- Estradas
- Limite Estadual
- Limite de bacia hidrográfica

0 1 2 3 4 km

N

MAPA GEOLÓGICO DO QUATERNÁRIO COSTEIRO DO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ, ESTADO DE SANTA CATARINA.

Maria Cristina de Souza

Dissertação de Mestrado, do Curso de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia,Universidade Federal do Paraná

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo José Angulo
Co-orientadores: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini
Prof. Dr. Luis Eduardo Mantovani

Escala: 1:50.000

ANEXO II – TABELAS COM OS RESULTADOS DAS ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS

Tabela II.1: Resultados das análises granulométricas das amostras dos terraços fluviais com a fração fina

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
13	4,87	2,32	0,75	2,12	0,00	0,00	0,00	0,05	0,47	0,98	17,26	37,35	56,10	17,11	43,90	0,7826
18	1,50	1,60	1,70	6,98	0,00	0,92	0,92	6,21	38,28	28,02	14,34	5,32	92,17	0,46	6,91	0,0743
Média	3,19	1,96	1,23	4,55	0,00	0,46	0,46	3,13	19,38	14,50	15,80	21,34	74,14	8,79	25,41	0,4285

Tabela II.2: Resultados das análises granulométricas das amostras dos terraços pleistocênicos

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
04b	2,99	0,29	0,08	4,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	54,02	45,77	99,98	0,00	0,02	0,0002
10	2,56	0,77	-1,25	4,63	0,00	0,00	0,00	0,23	6,10	12,64	56,57	23,76	99,30	0,00	0,70	0,0071
11	2,85	0,63	-1,99	10,29	0,00	0,00	0,00	0,51	2,19	3,78	51,26	41,33	99,07	0,00	0,93	0,0094
12	1,83	1,27	-0,36	1,86	0,00	0,51	0,51	4,99	27,28	14,31	32,70	19,86	99,13	0,00	0,36	0,0036
15	2,70	0,57	-1,79	11,46	0,00	0,15	0,15	0,41	1,07	6,79	71,11	19,97	99,35	0,00	0,50	0,0051
16	2,81	0,31	-0,88	13,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,13	1,34	77,85	20,54	99,89	0,00	0,11	0,0011
17	2,21	0,75	-0,56	4,44	0,00	0,18	0,18	0,55	3,99	32,45	52,69	9,63	99,31	0,00	0,51	0,0051
19	2,98	0,36	-1,04	9,42	0,00	0,00	0,00	0,02	0,14	1,32	50,13	48,19	99,80	0,00	0,20	0,0020
20	2,60	0,79	-2,65	11,64	0,00	1,14	1,14	0,76	3,42	7,50	65,44	21,67	98,80	0,00	0,06	0,0006
21	1,03	1,27	0,02	2,09	0,00	5,59	5,59	11,83	37,20	16,81	25,83	2,69	94,36	0,00	0,05	0,0005
Média	2,46	0,70	-1,04	7,37	0,00	0,76	0,76	1,93	8,16	9,71	53,76	25,34	98,90	0,00	0,34	0,0035

Tabela II.3: Resultados das análises granulométricas das amostras dos terraços holocênicos

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
08	2,89	0,36	1,56	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,59	73,35	24,18	98,16	0,00	1,84	0,0188
09	2,73	0,24	-1,16	12,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	1,06	91,96	6,92	99,99	0,00	0,01	0,0001
29	2,27	0,67	-0,45	2,87	0,00	0,00	0,00	0,14	3,03	31,07	54,75	11,00	99,98	0,00	0,02	0,0002
Média	2,63	0,43	-0,02	8,60	0,00	0,00	0,00	0,05	1,04	10,91	73,35	14,03	99,38	0,00	0,62	0,0063

Tabela II.4: Resultados das análises granulométricas das amostras da base das dunas frontais (c) da coleta longitudinal de abril de 1996

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
2c	2,34	0,40	0,30	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	14,00	81,43	4,52	99,98	0,00	0,02	0,0002
3c	2,49	0,42	-0,75	3,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	13,20	82,44	4,23	99,98	0,00	0,02	0,0002
4c	2,41	0,40	0,19	4,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	9,45	84,19	6,31	99,97	0,00	0,03	0,0003
5c	2,39	0,43	-0,44	2,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	19,71	77,56	2,71	99,99	0,00	0,01	0,0001
6c	2,42	0,50	-0,89	3,81	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	18,59	75,79	4,57	99,98	0,00	0,02	0,0002
9c	2,69	0,34	-0,75	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	4,58	85,52	9,84	99,96	0,00	0,04	0,0004
10c	2,52	0,48	-0,47	4,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	14,70	77,49	7,50	99,90	0,00	0,10	0,0010
11c	2,63	0,51	-0,26	4,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	10,93	74,29	14,29	99,73	0,00	0,27	0,0027
12c	2,63	0,40	-0,25	4,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	6,48	83,56	9,84	99,91	0,00	0,09	0,0009
13c	2,46	0,42	0,26	4,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	8,29	83,04	8,52	99,99	0,00	0,01	0,0001
14c	2,77	0,30	0,29	6,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	83,51	15,11	99,87	0,00	0,13	0,0014
15c	2,52	0,40	0,34	6,32	0,00	0,00	0,00	0,03	0,19	2,72	87,99	8,95	99,88	0,00	0,12	0,0012
16c	2,76	0,37	-0,17	6,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	3,05	79,60	17,18	99,90	0,00	0,10	0,0010
17c	2,61	0,36	-0,35	4,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	5,40	87,08	7,42	99,96	0,00	0,04	0,0004
18c	2,68	0,36	-0,17	4,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	4,07	84,14	11,70	99,92	0,00	0,08	0,0008
19c	2,40	0,46	0,19	4,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	13,57	78,98	7,22	99,86	0,00	0,14	0,0014
20c	2,56	0,35	-0,63	4,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,40	88,74	3,84	99,97	0,00	0,03	0,0003
21c	2,52	0,44	-0,39	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	12,97	79,86	7,04	99,93	0,00	0,07	0,0007
22c	2,59	0,41	-0,26	4,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	8,15	83,97	7,74	99,89	0,00	0,11	0,0011
26c	2,66	0,34	-0,83	6,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	5,00	87,84	7,10	100,00	0,00	0,00	0,0000
27c	2,69	0,34	-0,45	6,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,41	86,64	9,78	99,90	0,00	0,10	0,0010
28c	2,61	0,37	-0,79	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	7,79	86,45	5,71	99,98	0,00	0,02	0,0002
29c	2,37	0,44	0,07	4,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	13,12	80,46	6,22	99,93	0,00	0,07	0,0007
30c	2,69	0,39	-0,35	5,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	4,84	81,38	13,57	99,87	0,00	0,13	0,0013
31c	2,71	0,35	-0,60	6,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	4,04	83,87	12,00	99,95	0,00	0,05	0,0005
32c	2,48	0,36	0,61	4,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,30	89,98	5,67	99,95	0,00	0,05	0,0005
33c	2,38	0,51	-0,60	2,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	23,02	71,50	5,05	99,98	0,00	0,02	0,0002
34c	2,67	0,44	-0,74	4,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	8,70	75,50	15,64	99,91	0,00	0,09	0,0009
35c	2,74	0,35	0,23	5,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,26	83,02	14,57	99,84	0,00	0,16	0,0016
36c	2,65	0,34	-0,48	5,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	4,24	87,89	7,76	99,92	0,00	0,08	0,0008
37c	2,77	0,31	0,01	7,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,75	82,97	15,12	99,85	0,00	0,15	0,0015
38c	2,55	0,65	-2,09	9,18	0,00	0,00	0,00	1,11	2,78	9,19	71,14	15,71	99,94	0,00	0,06	0,0006
39c	2,82	0,36	0,12	6,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	2,09	74,49	22,97	99,59	0,00	0,41	0,0041
41c	2,75	0,38	0,84	5,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	80,46	18,76	99,42	0,00	0,58	0,0059
43c	2,62	0,52	-0,72	4,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	10,27	71,59	17,06	99,75	0,00	0,25	0,0025
44c	2,76	0,38	-0,21	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,29	74,11	22,41	99,81	0,00	0,19	0,0019
45c	2,61	0,42	0,24	4,87	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	3,27	81,81	14,55	99,75	0,00	0,00	0,0000
46c	2,40	0,51	-0,42	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	23,06	68,35	8,13	99,98	0,00	0,02	0,0002
47c	2,54	0,39	0,17	3,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,41	83,46	11,06	99,94	0,00	0,06	0,0006
Média	2,59	0,41	-0,26	5,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,19	8,15	81,08	10,44	99,89	0,00	0,10	0,0010

Tabela II.5: Resultados das análises granulométricas das amostras do meio da praia (b) da coleta longitudinal de abril de 1996

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
1	2,37	0,54	-0,85	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	21,71	72,43	4,36	99,98	0,00	0,02	0,0002
2b	2,45	0,41	-0,70	3,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	15,26	82,58	2,06	99,94	0,00	0,06	0,0006
3b	2,08	0,60	-0,94	4,79	0,00	0,00	0,00	0,54	4,06	29,43	63,97	1,99	99,99	0,00	0,01	0,0001
4b	2,31	0,52	-0,98	3,53	0,00	0,00	0,00	0,01	1,77	23,02	74,27	0,93	100,00	0,00	0,00	0,0000
5b	2,47	0,45	-0,82	4,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	14,69	80,90	4,04	99,98	0,00	0,02	0,0002
6b	2,49	0,48	-0,83	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	14,81	77,64	7,03	99,98	0,00	0,00	0,0000
7	2,12	0,49	-0,32	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	32,54	65,23	1,45	99,98	0,00	0,02	0,0002
8	2,78	0,26	0,50	7,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	85,98	13,46	99,91	0,00	0,09	0,0009
9b	2,69	0,32	-0,46	6,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,10	88,08	8,74	99,94	0,00	0,06	0,0006
10b	2,47	0,53	-0,75	3,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	17,19	74,36	7,45	99,93	0,00	0,07	0,0007
11b	2,49	0,39	-0,68	3,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	12,46	84,55	2,96	99,98	0,00	0,02	0,0002
12b	2,18	0,42	-0,11	4,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	26,06	71,85	1,87	99,99	0,00	0,01	0,0001
13b	2,27	0,39	0,14	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	17,14	80,24	2,50	99,97	0,00	0,03	0,0003
14b	2,61	0,38	-0,74	5,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	6,86	86,30	6,62	99,92	0,00	0,08	0,0008
16b	2,13	0,41	-0,44	4,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	27,12	70,02	2,04	100,00	0,00	0,00	0,0000
17b	2,57	0,40	-0,71	4,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	10,16	83,80	5,98	99,97	0,00	0,03	0,0003
18b	2,57	0,43	-0,76	4,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	11,02	80,60	8,24	99,96	0,00	0,00	0,0000
19b	2,09	0,61	-0,41	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,23	29,90	60,72	4,13	99,99	0,00	0,01	0,0001
20b	2,54	0,44	-0,47	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	12,40	79,96	7,52	99,91	0,00	0,09	0,0009
21b	2,72	0,43	0,14	4,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	4,75	78,16	16,89	99,82	0,00	0,18	0,0018
22b	2,43	0,47	-0,52	3,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	19,28	75,03	5,57	99,98	0,00	0,02	0,0002
23b	2,53	0,37	-0,73	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	9,69	86,77	3,52	99,99	0,00	0,00	0,0000
24b	2,66	0,41	-0,22	4,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,55	78,79	17,53	99,95	0,00	0,05	0,0005
25b	2,50	0,37	-0,90	3,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	10,91	87,10	1,97	100,00	0,00	0,00	0,0000
26b	2,44	0,44	-0,58	2,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	17,92	77,94	4,08	99,99	0,00	0,01	0,0001
27b	2,21	0,44	-0,39	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	25,31	72,89	1,56	99,99	0,00	0,01	0,0001
28b	1,95	0,61	-0,13	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	4,87	49,24	44,60	1,28	100,00	0,00	0,00	0,0000
29b	2,44	0,45	-0,73	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	17,70	78,58	3,59	99,99	0,00	0,00	0,0000
30b	2,33	0,41	-0,22	3,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	17,76	78,73	3,45	99,99	0,00	0,01	0,0001
31b	2,42	0,48	-0,76	3,89	0,00	0,00	0,00	0,10	0,24	20,57	74,15	4,93	100,00	0,00	0,00	0,0000
32b	2,56	0,42	-0,50	3,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,83	79,84	8,27	99,95	0,00	0,05	0,0005
33b	2,50	0,38	-0,77	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	11,31	85,97	2,65	99,98	0,00	0,02	0,0002
34b	2,22	0,56	-0,44	2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	1,64	33,83	61,45	3,08	99,99	0,00	0,00	0,0000
35b	2,55	0,42	-0,41	4,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	10,86	82,82	6,19	99,92	0,00	0,08	0,0008
36b	2,60	0,36	-0,48	4,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,35	87,17	6,43	99,96	0,00	0,04	0,0005
37b	2,41	0,39	0,12	3,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	10,58	82,88	6,49	99,99	0,00	0,01	0,0001
38b	2,52	0,40	-0,34	3,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	11,11	83,08	5,71	99,93	0,00	0,07	0,0007
39b	2,83	0,35	0,13	5,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	72,20	25,84	99,70	0,00	0,00	0,0000
41b	2,92	0,33	1,36	6,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	68,03	30,99	99,09	0,00	0,91	0,0092
42b	2,81	0,34	0,67	7,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,89	79,28	19,35	99,54	0,00	0,46	0,0046
43b	2,53	0,43	-0,32	3,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	11,20	80,05	8,56	99,89	0,00	0,11	0,0011
44b	2,61	0,55	-0,56	3,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	11,55	64,19	23,72	99,84	0,00	0,16	0,0016
45b	2,82	0,38	0,12	3,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,54	68,29	30,89	99,74	0,00	0,26	0,0026
46b	2,51	0,71	-0,82	3,30	0,00	0,00	0,00	0,06	3,89	16,06	53,19	26,75	99,94	0,00	0,06	0,0006
48b	2,72	0,77	-1,48	4,80	0,00	0,00	0,00	0,24	4,68	11,36	37,94	45,72	99,93	0,00	0,07	0,0007
49b	2,77	0,56	-1,56	6,07	0,00	0,00	0,00	0,02	1,61	8,47	52,10	37,76	99,95	0,00	0,05	0,0005
50b	2,96	0,39	-0,70	3,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,77	45,82	53,36	99,99	0,00	0,01	0,0001
51b	2,74	0,47	-0,90	4,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	8,12	63,74	27,90	99,94	0,00	0,06	0,0006
52b	2,62	0,42	-0,74	3,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	9,23	77,81	12,91	99,98	0,00	0,00	0,0000
53b	2,36	0,45	-0,11	3,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	14,60	78,94	6,30	99,99	0,00	0,01	0,0001

54b	2,74	0,39	-0,66	3,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,13	72,79	22,07	99,99	0,00	0,01	0,0001
55b	2,56	0,42	-0,57	3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	11,20	78,71	10,06	99,99	0,00	0,01	0,0001
56b	2,58	0,50	-0,92	4,22	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	12,14	69,93	16,78	99,99	0,00	0,01	0,0001
57b	2,18	0,43	0,08	3,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	31,28	65,61	3,03	99,99	0,00	0,01	0,0001
58b	1,68	0,42	-0,08	5,14	0,00	0,00	0,00	0,27	0,56	76,80	22,22	0,15	100,00	0,00	0,00	0,0000
59b	1,49	0,43	0,83	4,91	0,00	0,00	0,00	0,11	5,17	84,66	9,84	0,23	100,00	0,00	0,00	0,0000
60b	1,32	0,27	1,31	8,18	0,00	0,00	0,00	0,00	6,33	91,98	1,65	0,04	100,00	0,00	0,00	0,0000
61b	1,36	0,61	0,27	3,29	0,00	0,00	0,00	0,67	23,83	62,04	13,22	0,24	100,00	0,00	0,00	0,0000
62b	1,74	0,77	-0,46	3,04	0,00	0,00	0,00	3,20	10,81	48,93	35,39	1,66	99,99	0,00	0,01	0,0001
63b	1,41	0,87	-0,08	2,32	0,00	0,00	0,00	6,85	22,87	44,95	24,40	0,92	99,99	0,00	0,01	0,0001
64b	0,91	0,83	0,39	2,64	0,00	0,00	0,00	11,84	45,98	31,20	10,83	0,13	99,99	0,00	0,01	0,0001
65b	2,13	0,77	-0,62	2,74	0,00	0,00	0,00	0,49	7,95	31,55	51,42	8,57	99,99	0,00	0,01	0,0001
66b	1,79	0,86	-0,30	2,59	0,00	0,00	0,00	2,61	14,32	42,05	35,85	5,17	99,99	0,00	0,01	0,0001
Média	2,36	0,48	-0,38	4,07	0,00	0,00	0,00	0,43	2,77	20,42	66,55	9,77	99,94	0,00	0,05	0,0005

Tabela II.6: Resultados das análises granulométricas das amostras da linha d'água (a) da coleta longitudinal de abril de 1996

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
3a	2,13	0,48	-0,13	2,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	33,96	63,31	2,49	100,00	0,00	0,00	0,0000
4a	2,48	0,41	-0,70	3,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	13,24	83,14	3,48	99,98	0,00	0,02	0,0002
5a	2,28	0,57	-0,76	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14	26,25	68,86	2,74	99,99	0,00	0,01	0,0001
6a	2,20	0,67	-0,64	2,61	0,00	0,00	0,00	0,03	5,29	29,46	60,15	5,06	99,99	0,00	0,01	0,0001
9a	2,66	0,35	-0,68	4,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	5,28	84,61	10,07	99,97	0,00	0,03	0,0003
10a	2,39	0,49	-0,70	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	21,34	75,29	3,06	99,99	0,00	0,01	0,0001
12a	2,01	0,56	-0,57	3,73	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	36,17	58,01	1,81	99,99	0,00	0,01	0,0001
13a	2,26	0,56	-0,45	2,58	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	30,61	64,90	3,42	99,97	0,00	0,00	0,0000
14a	2,09	0,39	-0,74	4,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	30,06	68,37	0,62	100,00	0,00	0,00	0,0000
15a	1,40	0,67	0,42	2,79	0,00	0,00	0,00	0,32	29,26	48,59	20,87	0,94	99,98	0,00	0,02	0,0002
16a	2,48	0,43	-0,16	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	10,60	79,26	10,11	100,00	0,00	0,00	0,0000
17a	2,36	0,41	-0,02	3,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,65	81,62	3,69	99,96	0,00	0,04	0,0004
18a	1,59	0,59	0,28	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	15,13	56,64	27,66	0,57	100,00	0,00	0,00	0,0000
19a	2,00	0,68	-0,18	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	7,31	42,46	46,90	3,33	100,00	0,00	0,00	0,0000
20a	2,35	0,57	-0,71	2,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	24,71	67,49	6,34	99,98	0,00	0,02	0,0002
21a	2,44	0,47	-0,64	3,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	18,13	76,67	4,89	99,97	0,00	0,03	0,0003
22a	2,66	0,34	-0,93	5,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	4,95	85,60	9,41	99,99	0,00	0,01	0,0001
23a	2,56	0,37	-0,85	3,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	9,39	85,70	4,88	99,99	0,00	0,01	0,0001
24a	2,72	0,46	-0,86	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	9,01	67,70	23,23	99,96	0,00	0,04	0,0004
25a	2,12	0,48	-0,15	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	35,24	62,17	2,31	99,99	0,00	0,01	0,0001
26a	1,58	0,73	0,01	2,10	0,00	0,00	0,00	0,18	25,66	39,69	33,39	1,08	100,00	0,00	0,00	0,0000
27a	2,34	0,47	-0,59	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	24,60	73,19	1,95	100,00	0,00	0,00	0,0000
28a	2,02	0,64	-0,47	3,12	0,00	0,00	0,00	0,22	6,68	33,86	55,16	4,07	99,99	0,00	0,01	0,0001
29a	2,03	0,67	-0,29	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	6,81	40,10	50,16	2,94	100,00	0,00	0,00	0,0000
30a	2,41	0,43	-0,24	3,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	14,17	79,36	6,43	99,99	0,00	0,01	0,0001
31a	2,11	0,71	-0,70	3,45	0,00	0,00	0,00	0,69	5,25	36,37	53,50	4,19	99,99	0,00	0,01	0,0001
32a	2,07	0,63	-0,36	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	36,42	55,08	4,27	99,99	0,00	0,01	0,0001
33a	2,51	0,37	-0,74	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	10,73	86,22	3,02	99,99	0,00	0,01	0,0001
34a	1,84	0,69	-0,57	2,90	0,00	0,00	0,00	0,83	11,69	42,82	44,25	0,41	100,00	0,00	0,00	0,0000
35a	2,66	0,47	-1,51	7,60	0,00	0,00	0,00	0,12	0,73	7,73	74,30	17,11	99,99	0,00	0,01	0,0001
36a	2,63	0,36	-0,82	4,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	6,54	84,54	8,87	99,98	0,00	0,02	0,0002
37a	2,64	0,49	-0,94	4,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	11,27	68,61	19,67	99,98	0,00	0,02	0,0002
38a	2,50	0,65	-1,26	4,70	0,00	0,00	0,00	0,00	3,72	15,52	65,13	15,55	99,93	0,00	0,07	0,0007
39a	2,66	0,47	-0,73	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	10,92	68,31	20,66	99,98	0,00	0,02	0,0002
40a	2,87	0,46	-2,30	17,99	0,00	0,00	0,00	0,41	0,04	3,12	57,81	38,49	99,88	0,00	0,12	0,0012
41a	2,83	0,42	-0,59	5,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	1,42	64,29	33,80	99,78	0,00	0,22	0,0022
43a	2,57	0,53	-0,61	4,35	0,00	0,00	0,00	0,08	0,33	11,00	68,14	20,37	99,93	0,00	0,07	0,0007
44a	2,07	0,85	-0,19	2,48	0,00	0,00	0,00	0,75	8,71	41,34	32,54	16,63	99,97	0,00	0,03	0,0003
45a	2,77	0,61	-1,02	4,69	0,00	0,00	0,00	0,11	1,17	8,72	48,05	41,86	99,91	0,00	0,09	0,0009
46a	1,93	0,85	0,28	2,23	0,00	0,00	0,00	0,29	9,63	48,15	26,40	15,49	99,96	0,00	0,04	0,0004
47a	2,59	0,52	-0,73	3,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	13,13	68,39	17,81	99,92	0,00	0,08	0,0008
48a	2,74	0,47	-1,00	5,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,52	66,80	27,02	99,90	0,00	0,10	0,0010
49a	2,28	0,91	-0,38	2,13	0,00	0,00	0,00	0,43	8,09	32,49	29,49	29,42	99,92	0,00	0,08	0,0008
50a	2,58	0,86	-1,02	3,17	0,00	0,00	0,00	0,23	6,84	17,29	33,33	42,24	99,94	0,00	0,06	0,0006
51a	2,18	0,89	-0,60	2,28	0,00	0,00	0,00	0,27	13,36	24,19	45,12	17,05	99,98	0,00	0,02	0,0002
52a	2,53	0,63	-1,94	9,61	0,00	0,00	0,00	1,02	0,78	14,69	67,57	15,91	99,97	0,00	0,03	0,0003
53a	2,65	0,43	-0,86	3,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	9,28	73,34	17,28	100,00	0,00	0,00	0,0000
54a	2,58	0,53	-0,73	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	16,21	64,40	19,19	99,99	0,00	0,01	0,0001
55a	2,55	0,52	-0,69	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	16,02	67,10	16,58	99,99	0,00	0,01	0,0001
56a	2,54	0,49	-0,38	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	15,58	68,36	16,01	99,99	0,00	0,01	0,0001

57a	1,79	0,81	-0,49	3,58	0,00	0,00	0,00	2,77	10,12	48,70	33,28	5,12	99,98	0,00	0,02	0,0002
58a	1,36	0,53	-0,21	6,50	0,00	0,33	0,33	0,63	13,67	75,82	9,00	0,54	99,66	0,00	0,00	0,0000
59a	1,11	0,48	-0,38	6,78	0,00	0,00	0,00	2,43	28,93	65,55	2,91	0,17	100,00	0,00	0,00	0,0000
60a	1,17	0,49	-0,69	7,80	0,00	0,00	0,00	2,87	19,65	74,61	2,65	0,23	100,00	0,00	0,00	0,0000
61a	0,76	0,73	0,40	3,70	0,00	0,87	0,87	10,90	54,79	27,90	5,23	0,32	99,13	0,00	0,00	0,0000
62a	0,36	0,77	0,77	3,81	0,00	1,87	1,87	32,30	46,00	16,61	2,99	0,23	98,13	0,00	0,00	0,0000
63a	0,85	0,89	0,49	3,31	0,00	1,45	1,45	7,63	53,51	24,54	11,55	1,29	98,52	0,00	0,03	0,0003
64a	1,15	1,14	-0,01	1,90	0,00	0,00	0,00	18,19	27,01	27,43	25,13	2,23	99,99	0,00	0,01	0,0001
65a	0,46	0,75	0,65	4,08	0,00	0,00	0,00	27,37	51,55	18,18	2,28	0,62	99,99	0,00	0,01	0,0001
66a	0,82	0,79	0,86	4,40	0,00	0,00	0,00	11,18	56,24	24,78	5,86	1,93	100,00	0,00	0,00	0,0000
Média	2,12	0,58	-0,50	4,05	0,00	0,08	0,08	2,04	9,10	25,23	53,36	10,17	99,90	0,00	0,03	

Tabela II.7: Resultados das análises granulométricas das amostras de sedimentos paleolagunares

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
1	2,68	1,54	1,94	9,24	0,00	0,00	0,00	0,05	9,07	25,97	18,20	40,91	94,20	2,83	5,80	0,0616
2	6,15	2,72	-0,19	1,50	0,00	0,00	0,00	0,18	1,08	3,15	11,30	13,80	29,52	42,46	70,48	2,3880
3	3,02	0,36	0,58	6,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,35	51,58	47,07	99,03	0,00	0,97	0,0098
5	3,93	1,53	2,16	7,31	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,25	16,99	56,59	73,97	5,30	26,03	0,3520
6a	3,29	0,95	3,89	22,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,63	38,78	53,12	92,56	1,41	7,44	0,0804
6b	3,74	1,33	2,83	11,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	0,20	12,15	72,51	84,97	3,95	15,03	0,1768
7	2,74	0,51	-0,93	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	9,33	64,96	24,74	99,43	0,00	0,57	0,0057
Média	3,65	1,28	1,47	9,00	0,00	0,00	0,00	0,04	1,54	5,70	30,56	44,11	81,95	7,99	18,05	0,4392

Tabela II.8: Resultados de quantificação de minerais pesados (d>2,85) ao microscópio petrográfico das amostras coletadas ao longo do perfil 01 no levantamento de agosto de 1996.

CÓDIGO DA AMOSTRA	GRUPO DOS MINERAIS OPACOS, MICÁCEOS OU BIOCLÁSTICOS: FREQÜÊNCIAS DE CONTAGEM NO ENSAIO (%)				FREQÜÊNCIAS DE CONTAGEM NO GRUPO (%)														TOTAL	TOTAL NO ENSAIO	ÍNDICES (i) DE MATURIDADE QUÍMICA		
	OPAC	BIOT	CARB	TOTAL	ZIRC	TURM	RUTI	ANAT	ESTA	PIST	APAT	CIAN	SILL	GRAN	TITA	HORN	HIPE	OXI-HORN.			iZTR	iMET	iINS
01 A	63	0	0	63	47	6	8	0	3	15	3	2	2	0	0	8	4	2	100	37	61	25	14
01 B	70	0	0	70	63	3	10	0	2	7	4	3	3	1	0	4	0	0	100	30	76	20	4
01 C	74	0	0	74	63	3	5	0	5	9	0	1	2	1	0	8	3	0	100	26	71	18	11
01 D	60	0	0	60	38	8	10	0	0	14	1	5	3	2	0	16	3	0	100	40	56	25	19
01 E	64	0	0	64	22	4	3	0	1	30	4	3	1	0	0	28	4	0	100	36	29	39	32
01 F	51	0	0	51	12	10	2	0	5	21	0	2	3	1	0	28	11	5	100	49	24	32	44
01 G	24	0	0	24	9	2	0	0	0	18	1	2	2	0	0	57	8	1	100	76	11	23	66
01 H	62	0	0	62	22	5	1	0	1	18	0	2	2	1	0	41	7	0	100	38	28	24	48

Tabela II.9: Resultados de quantificação de minerais pesados (d>2,85) ao microscópio petrográfico das amostras coletadas ao longo do perfil 07 no levantamento de agosto de 1996.

CÓDIGO DA AMOSTRA	GRUPO DOS MINERAIS OPACOS, MICÁCEOS OU BIOCLÁSTICOS: FREQÜÊNCIAS DE CONTAGEM NO ENSAIO (%)				FREQÜÊNCIAS DE CONTAGEM NO GRUPO (%)														TOTAL	TOTAL NO ENSAIO	ÍNDICES (i) DE MATURIDADE QUÍMICA		
	OPAC	BIOT	CARB	TOTAL	ZIRC	TURM	RUTI	ANAT	ESTA	PIST	APAT	CIAN	SILL	GRAN	TITA	HORN	HIPE	OXI-HORN.			iZTR	iMET	iINS
07 A	63	0	0	63	63	2	6	0	3	7	3	4	5	1	1	3	2	0	100	37	71	24	5
07 B	47	0	0	47	40	5	2	0	2	13	2	4	3	2	0	20	6	1	100	53	47	26	27
07 C	51	0	0	51	16	10	1	0	4	23	0	1	2	1	0	36	5	1	100	49	27	31	42
07 D	39	0	0	39	9	1	5	0	4	23	5	6	4	0	0	39	4	0	100	61	15	42	43
07 E	76	0	0	76	20	6	11	0	0	21	1	8	2	1	1	24	5	0	100	24	37	34	29
07 F	44	0	0	44	11	2	1	0	1	22	2	12	1	0	0	43	5	0	100	56	14	38	48

Tabela II.10: Resultados de quantificação de minerais pesados (d>2,85) ao microscópio petrográfico das amostras de linha d'água (a) da coleta longitudinal de abril de 1996

CÓDIGO DA AMOSTRA	GRUPO DOS MINERAIS OPACOS, MICÁCEOS OU BIOCLÁSTICOS: FREQÜÊNCIAS DE CONTAGEM NO ENSAIO (%)				FREQÜÊNCIAS DE CONTAGEM NO GRUPO (%)														TOTAL	TOTAL NO ENSAIO	ÍNDICES (i) DE MATURIDADE QUÍMICA		
	OPAC	BIOT	CARB	TOTAL	ZIRC	TURM	RUTI	ANAT	ESTA	PIST	APAT	CIAN	SILL	GRAN	TITA	HORN	HIPE	OXI-HORN.			iZTR	iMET	iINS
PT 10A	67	0	0	67	30	8	8	0	6	20	1	4	1	3	0	8	5	6	100	33	46	35	19
PT 12A	47	0	0	47	13	11	3	0	1	14	1	2	1	2	1	36	12	3	100	53	27	22	51
PT 16A	50	0	0	50	15	7	2	0	4	26	1	1	1	1	0	21	4	17	100	50	24	34	42
PT 20A	49	0	0	49	23	13	5	0	2	9	2	2	5	1	3	26	5	4	100	51	41	24	35
PT 24A	33	0	0	33	26	7	4	0	3	25	5	4	3	0	3	12	5	3	100	67	37	43	20
PT 28A	54	0	0	54	4	5	0	0	1	31	0	4	0	0	0	22	9	24	100	46	9	36	55
PT 32A	48	0	0	48	16	5	5	0	4	22	1	3	2	1	0	31	6	4	100	52	26	33	41
PT 36A	69	0	0	69	46	5	4	0	3	14	0	2	6	0	0	7	11	2	100	31	55	25	20
PT 40A	54	0	0	54	37	2	6	0	2	28	2	2	1	1	0	15	3	1	100	46	45	36	19
PT 44A	30	0	0	30	17	5	3	0	0	21	4	8	3	0	1	34	3	1	100	70	25	37	38
PT 48A	62	0	0	62	46	6	7	0	3	17	0	1	2	3	1	10	2	2	100	38	59	27	14
PT 52A	60	0	0	60	21	8	5	0	3	20	0	6	0	0	0	33	3	1	100	40	34	29	37
PT 56A	25	0	0	25	3	4	1	0	1	26	5	4	5	1	0	46	2	2	100	75	8	42	50