

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

VARIAÇÕES DAS PROPRIEDADES GRANULOMÉTRICAS DOS SEDIMENTOS
DA BARREIRA COSTEIRA DA PINHEIRA (SC) DURANTE A SUA
PROGRADAÇÃO NO HOLOCENO SUPERIOR

ARMAND HANNA AMIN JÚNIOR

ORIENTADOR: Dr. SÉRGIO REBELLO DILLENBURG (UFRGS)

CO-ORIENTADOR: Dr. NORBERTO OLMIRO HORN FILHO (UFSC)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Elírio Ernestino Toldo Jr.

Prof. Dr. Luiz José Tomazelli

Prof. Dr. Rodolfo José Angulo

Dissertação de mestrado apresentada
como requisito para obtenção do título de
Mestre em Geociências.

Porto Alegre, 2004

Amin Júnior, Armand Hanna

Variações das propriedades granulométricas dos sedimentos da Barreira Costeira da Pinheira (SC) durante a sua progradação no Holoceno Superior. / Armand Hanna Amin Júnior - Porto Alegre : UFRGS, 2004.

[73 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2004.

1. Geologia Costeira. 2. Propriedades Granulométricas. 3. Barreira Costeira da Pinheira, SC. 4. Holoceno Superior. I.Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Agradecimentos

1. Introdução	13
2. Caracterização da área de estudo	15
2.1. Localização geográfica	15
2.2. Contexto geológico da barreira costeira	15
2.3. Clima, hidrografia e oceanografia	17
3. Métodos	19
3.1. Amostragem de sedimentos no sistema praia-duna atual	19
3.2. Coleta de testemunhos de sondagem nos cordões de dunas intermediário e interno	19
3.3. Tratamento das amostras superficiais e dos testemunhos de sondagem em laboratório	21
3.4. Levantamentos altimétricos	22
4. Resultados e discussão	24
4.1. A evolução geológica da barreira no Holoceno Superior	24
4.2. Propriedades granulométricas do sistema praia-duna atual	29
4.2.2. Parâmetros estatísticos granulométricos	32
4.2.2.1. Tamanho médio	32
4.2.2.2. Desvio padrão	35
4.2.2.3. Assimetria	38
4.2.2.4. Curtose	40
4.3. Propriedades granulométricas do cordão de duna intermediário	42

4.4. Propriedades granulométricas do cordão de duna interno	46
5. Considerações finais	52
6. Referências bibliográficas	54
ANEXO 1 - Parâmetros estatísticos granulométricos do sistema praia-duna atual	60
ANEXO 2 - Parâmetros estatísticos granulométricos do cordão de dunas intermediário	63
ANEXO 3 - Parâmetros estatísticos granulométricos do cordão de dunas interno	67

LISTADE FIGURAS

- Figura 1: Localização geográfica da área de estudo_____ 14
- Figura 2: Localização, no sistema praia-duna atual, dos 25 perfis transversais à linha de costa, nos quais foram coletadas amostras da face marinha das dunas frontais, do meio do berma e da face da praia_____ 20
- Figura 3: Detalhe dos três sub-ambientes amostrados (D= face marinha da duna frontal, B= meio do berma e F= face da praia) em cada um dos 25 perfis praias_____ 21
- Figura 4: Localização dos testemunhos de sondagem coletados ao longo de dois cordões litorâneos antigos da barreira costeira da Pinheira (cordões interno e intermediário), e localização do perfil altimétrico transversal (A-A')_____ 23
- Figura 5: Perfil altimétrico transversal aos cordões de dunas da barreira costeira da Pinheira no segmento que progradiu 3.500 metros nos últimos 3.140 anos AP. O levantamento altimétrico foi realizado com o DGPS modelo Trimble de precisão submétrica. Ver localização do perfil na figura 4_____ 26
- Figura 6: (a) Regressão forçada acrescionária e (b) regressão forçada não acrescionária. Extraído e modificado de Helland-Hansen e Martinsen (1996) apud Clerot, 2004_____ 27
- Figura 7: Valores de tamanho médio de grão para as amostras da face da praia_____ 32
- Figura 8: Valores de tamanho médio de grão para as amostras do berma_____ 32
- Figura 9: Valores de tamanho médio de grão para as amostras da duna frontal__ 33
- Figura 10: Valores de tamanho médio de grão para as amostras da face da praia da Pinheira. Extraído e modificado de Miot da Silva (2002)_____ 34

Figura 11: Valores de desvio padrão para as amostras da face da praia_____	35
Figura 12: Valores de desvio padrão para as amostras do meio do berma_____	36
Figura 13: Valores de desvio padrão para as amostras da duna frontal_____	36
Figura 14: Valores de desvio padrão para as amostras da face da praia da Pinheira. Extraído e modificado de Miot da Silva (2002)_____	37
Figura 15: Valores de assimetria para as amostras da face da praia_____	38
Figura 16: Valores de assimetria para as amostras do berma_____	39
Figura 17: Valores de assimetria para as amostras da duna frontal_____	39
Figura 18: Valores de curtose para as amostras da face da praia_____	40
Figura 19: Valores de curtose para as amostras do meio do berma_____	41
Figura 20: Valores de curtose para as amostras da duna frontal_____	41
Figura 21: Perfis colunares dos testemunhos 9, 11, 5 e 4 localizados no cordão de dunas intermediário. Altitudes medidas por DGPS são apresentadas entre parênteses_____	43
Figura 22: Valores de tamanho médio de grão para os testemunhos do cordão intermediário_____	44
Figura 23: Valores de desvio padrão para os testemunhos do cordão intermediário_____	44
Figura 24: Valores de assimetria para os testemunhos do cordão intermediário_____	45

Figura 25: Valores de curtose para os testemunhos do cordão intermediário___45

Figura 26: Perfis colunares dos testemunhos 7, 8, 2, 6, 3 e 10 coletados no cordão de dunas interno. Altitudes medidas por DGPS são apresentadas entre parênteses_____47

Figura 27: Valores de tamanho médio de grão para os testemunhos do cordão interno_____48

Figura 28: Valores de desvio padrão para os testemunhos do cordão interno___49

Figura 29: Valores de assimetria para os testemunhos do cordão interno_____49

Figura 30: Valores de curtose para os testemunhos do cordão interno_____50

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Altura significativa, período significativo e ângulo de incidência de ondas para a enseada da Pinheira (Maraschin et al, 1999)_____18
- Tabela 2: Valores médios, máximos e mínimos do tamanho médio, desvio padrão, assimetria e curtose, para cada um dos 4 testemunhos do cordão de duna intermediário_____43
- Tabela 3: Valores médios, máximos e mínimos do tamanho médio, desvio padrão, assimetria e curtose, para cada um dos 6 testemunhos do cordão de duna interno_____48

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1: Propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) da face da praia _____ 60
- Quadro 2: Propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do berma _____ 61
- Quadro 3: Propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) da duna frontal _____ 62
- Quadro 4: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 9 _____ 63
- Quadro 5: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 11 _____ 64
- Quadro 6: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 5 _____ 65
- Quadro 7: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 4 _____ 66
- Quadro 8: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 1 _____ 67
- Quadro 9: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 7 _____ 68
- Quadro 10: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 8 _____ 69

Quadro 11: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 2_____70

Quadro 12: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 6_____71

Quadro 13: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 3_____72

Quadro 14: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 10_____73

Resumo

A barreira costeira da Pinheira está localizada no litoral Centro-Sul do estado de Santa Catarina. Sua morfologia e estratigrafia são típicas de uma barreira regressiva. Durante o Holoceno Superior (últimos 5 ka), a barreira progradou cerca de 5.500 metros, a uma taxa média de 1,1 m/ano. Sua progradação foi determinada por um rebaixamento de aproximadamente 2 m do nível do mar e, principalmente, por um expressivo aporte de sedimentos arenosos em seu sistema praial, provenientes da plataforma continental adjacente.

Nos últimos 3.500 metros de progradação da barreira, ocorridos nos últimos 3.1 ka, cerca de 60 cordões de dunas frontais foram formados. O intervalo de tempo decorrido entre a formação de dois cordões sucessivos foi de aproximadamente 52 anos.

O estudo das propriedades granulométricas do sistema praia-duna atual e de dois dos cordões antigos de dunas frontais, denominados cordões intermediário e interno, e formados, respectivamente, há cerca de 1280 e 3140 anos AP, revelou que, nos últimos 3 ka não ocorreram variações significativas destas propriedades. Esta não variação, no tempo, das propriedades granulométricas é atribuída à natureza policíclica do estoque de areia consumido na progradação da barreira e a sua manutenção como fonte de sedimentos durante a progradação, e/ou a uma relativa constância, nos últimos 3 ka, das condições dinâmicas gerais dos sistema praia-duna atual da enseada da Pinheira.

O estudo comparativo entre os diferentes sub-ambientes, ou zonas do sistema praia-duna atual (face da praia, berma e duna frontal), mostrou que o desvio padrão e a assimetria são potencialmente importantes na distinção entre depósitos eólicos (dunas frontais) e praias (face da praia) da barreira.

Abstract

The coastal barrier of Pinheira is located in the South-Central coast of Santa Catarina State. Its morphology and stratigraphy are typical of a regressive barrier. During the Late Holocene (last 5 ka) the barrier has prograded approximately 5,500 meters, under an average rate of 1.1 m/year. Its progradation was determined by a sea-level fall of 2 meters and mainly due to an expressive transference of sands from the adjacent continental shelf into the beach system of the barrier.

In the last 3,500 meters of progradation, occurred in the last 3,1 ka, approximately 60 foredune ridges were formed, each ridge corresponding, in average, to a time interval of 52 years. The study of the granulometric properties of the modern beach-dune system, and of two old foredune ridges called intermediate and inner ridges, respectively formed at 1280 and 3140 years BP, has demonstrated that in the last 3,1 ka this properties has not changed significantly. These constant granulometric properties are being explained by the polycyclic nature of the sands used for barrier progradation and its maintenance as source of sediments during progradation, and/or by none or even very short variation of the general dynamic conditions of the modern beach-dune system of the Pinheira embayment.

The comparative study between the sub-environments or zones of the modern beach-dune system (beach face, berm and foredune) has showed that standard deviation and skewness are potentially important on the distinction between aeolian (foredunes) and beach (beach face) deposits .

AGRADECIMENTOS

Em particular a minha família Armand Hanna Amin, Eliane Amin e Ana Maria Amin, com quem, em muitas ocasiões, não pude compartilhar momentos importantes de minha vida acadêmica, mas que para mim representam sempre minha fonte de inspiração.

Especialmente, aos meus tios Edna Côrrea Chterpensque e Alberto Chterpensque pela atenção, amor e suporte logístico me confiado para terminar minha graduação.

Ao amigo e orientador Dr. Sérgio Rebello Dillenburg, que com esforço e dedicação, ajudou a transformar um simples estudo em um trabalho científico, bem como pela participação em todas as etapas que compreenderam o mesmo, pelas críticas e sugestões apresentadas, pelo ímpar exemplo de pessoa, pesquisador e orientador.

Ao amigo e professor Dr. Norberto Olmiro Horn Filho, que sempre procurou agilizar e desenvolver o senso científico em minha pessoa desde a graduação.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFGRS, Dr. Elíro Ernestino Toldo Jr., Dr. Luiz José Tomazelli e Dr. Iran C. Stallivieri Corrêa pelos ensinamentos prestados e exemplos de pesquisadores.

Ao amigo Eduardo Guimaraes Barboza pelos auxílios prestados nas saídas de campo para a aquisição dos dados altimétricos.

Aos membros da Banca Examinadora, por aceitar a avaliar e colaborar com este trabalho.

Ao amigo Roberto Martins Pereira, secretário do Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, que de várias maneiras facilitou o desenvolvimento e conclusão deste estudo.

Aos colegas do Laboratório de Sedimentologia do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – CECO/UFRGS, em particular a Gilberto Silveira dos Santos e Maribel dos Santos Nunes pelo auxílio nas análises granulométricas.

A minha mulher Viviane Torres Nicolini pela paciência e colaboração.

Ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO/UFRGS pela infra-estrutura disponibilizada para a realização das atividades de campo, processamento dos dados e apresentação dos resultados.

Ao amigo Silvio Odil Fenner Ventzke pela colaboração no processamento das análises granulométricas e na amostragem dos testemunhos.

Ao CNPQ pela bolsa concedida.

Ao amigo Marcus Siegler pelo auxílio, diálogos e colaborações prestadas.

A biblioteca setorial de Geociências/UFRGS pela disponibilização do acervo.

1. Introdução

A região costeira da praia da Pinheira, ou da Planície de Araçatuba (Mendonça, 1991) apresenta-se como uma reentrância da linha de costa, limitada ao sul por um promontório rochoso e por uma planície fluvial e, ao norte, por um corpo de água (Baía Sul) (Figura 1). Por ocasião do nível de mar mais alto alcançado pela Última Grande Transgressão (UGT), a linha de costa, no interior desta reentrância, situava-se cerca de 5,5 km a oeste de sua atual posição. Nos últimos 5 ka (Holoceno Superior), esta linha de costa progradiou por 5,5 km, através da formação e justaposição lateral de cordões de dunas frontais, resultando na formação de uma clássica *strand plain*, na concepção da escola norte-americana, ou simplesmente de uma barreira costeira regressiva.

Na porção mais externa da barreira, correspondente aos seus últimos 3,5 km de progradação, sua principal morfologia é o resultado da justaposição lateral de cordões de dunas frontais, formados, aproximadamente, nos últimos 3 ka. Secundariamente, esta porção da barreira apresenta a morfologia de dunas transgressivas (dunas parabólicas) que recobrem parcialmente os cordões de dunas.

Alguns destes cordões de dunas são relativamente contínuos lateralmente e o seu registro sedimentar (*e.g.* suas propriedades granulométricas) deve refletir as condições longitudinais de energia das ondas e dos ventos, as quais podem ser constantes, ou variáveis no espaço (ao longo de um único cordão) e no tempo (comparação entre sucessivos cordões).

Neste trabalho, realiza-se um estudo das propriedades granulométricas dos sedimentos da barreira costeira da Pinheira, durante a sua progradação no Holoceno Superior, com o objetivo de avaliar o comportamento destas propriedades no espaço e no tempo.

Como objetivos específicos, pretende-se a apresentação de resultados preliminares sobre a evolução da barreira e a caracterização e definição dos tipos de cordões litorâneos dominantes em sua morfologia.

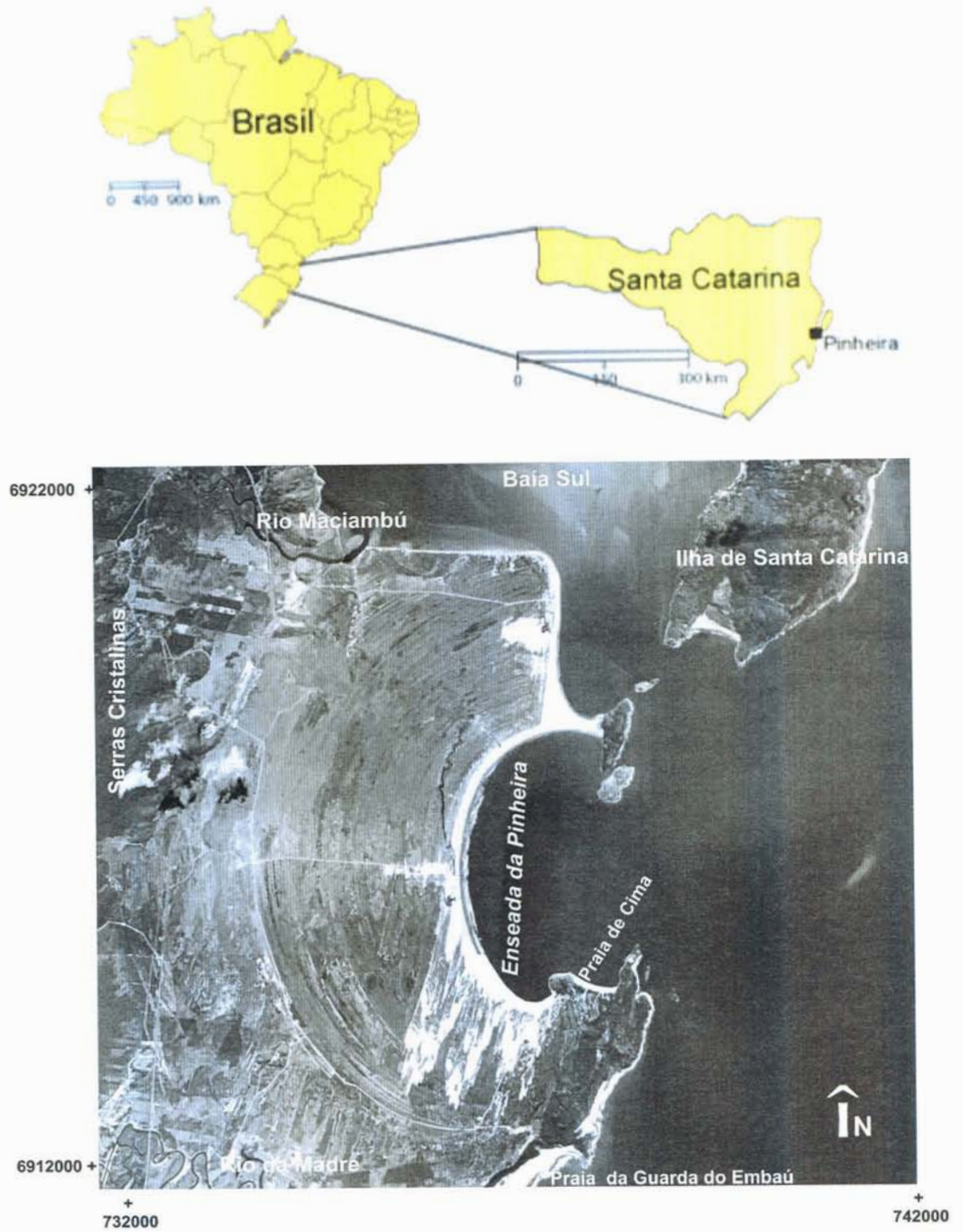


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo.

2. Caracterização da área de estudo

2.1. Localização geográfica

A barreira costeira da Pinheira está localizada no litoral Centro-Sul, ou setor IV do Estado de Santa Catarina (Diehl e Horn Filho, 1996), correspondente à folha Paulo Lopes - SG. 22-Z-D-V-4/VI-3 (SEPLAN/IBGE, 1983) entre as coordenadas planas - *UTM* ($x = 730000$ e $y = 6910000$; $x = 740000$, e $y = 6922000$) (Fig. 1).

A área da barreira é limitada, ao norte, pela Baía Sul, a oeste, pelas Serras Cristalinas (Monteiro, 1958), ao sul, pela planície fluvial do rio da Madre e por um promontório rochoso e, a leste, pelo oceano Atlântico. Seu principal acesso dá-se através da rodovia BR-101, e dista cerca de 50 km ao sul de Florianópolis.

2.2. Contexto geológico da barreira costeira

A costa leste da América do Sul é classificada como uma costa de margem continental do tipo Amero-costa, segundo Inman e Nordstrom (1971), caracterizada por apresentar uma plataforma continental larga, que expressa um grande volume de sedimentos depositados na margem continental. A reduzida expressão da planície costeira onde se insere a barreira da Pinheira deve-se à sua situação de margem continental que tem como substrato o alto estrutural da Plataforma de Florianópolis (Gonçalves *et al.* 1979), o qual separa as bacias marginais de Pelotas, ao sul, e de Santos, ao norte. Desta forma, a proximidade da costa, das terras altas do embasamento, somada a um relativamente baixo estoque sedimentar, geraram uma costa embaiada, marcada pela presença comum de promontórios rochosos, que se alternam com praias arenosas de reduzida extensão longitudinal.

O embasamento, de natureza ígnea e metamórfica, ocupa as porções de maior altitude da área de estudo. Geomorfologicamente está enquadrado no domínio das Serras do Leste Catarinense, com altitudes superiores a 20 metros, adjacentes ao domínio das Planícies Costeiras (Maraschin *et al.*, 1999).

Depósitos de sedimentos mal selecionados, basicamente formados por cascalho, areia, silte e argila, apresentam-se na forma de rampas (colúvios) e cones (leques aluviais), e representam a morfologia de transição entre o embasamento e a planície costeira.

A planície costeira foi gerada principalmente pela justaposição lateral de depósitos sedimentares de sistemas deposicionais do tipo barreira/laguna-estuário. Trabalhos anteriores identificaram, na região da área de estudo, a presença de registros sedimentares de um sistema pleistocênico, provavelmente relacionado ao nível de mar alto de 123 ka (Pleistoceno Superior), e o ainda ativo sistema holocênico, cuja formação iniciou-se em um tempo próximo ao máximo transgressivo de 5,1 ka (Caruso, 1995).

A plataforma continental adjacente apresenta uma largura média de 100 km, e uma declividade moderada. Seus gradientes médios variam entre 1:200 (0,3°), nas proximidades de desembocaduras de rios, e 1:40 (1,4°) nas proximidades dos promontórios rochosos (Klein e Menezes, 2001).

Segundo Corrêa (1980), três grupos texturais compõem a cobertura sedimentar da plataforma continental de Santa Catarina: areias quartzosas, areias biodetríticas e lamas terrígenas. As areias quartzosas são encontradas na plataforma interna, enquanto as lamas terrígenas recobrem parcialmente as areias biodetríticas e ocorrem de forma contínua na plataforma média e descontinuamente nas plataformas interna e externa.

As areias quartzosas que ocupam a plataforma interna sul-brasileira perdem a continuidade na altura do estado de Santa Catarina, onde se insere a área de estudo, aflorando tão somente ao norte de Itajaí e ao sul de Laguna. Entre Itajaí e Laguna, as areias são parcialmente recobertas com lama e passam a constituir uma fácies areia com lama (Gré, 1983).

2.3. Clima, hidrografia e oceanografia

A área de estudo está inserida em um domínio climático do tipo Af - chuvoso tropical e úmido, com precipitação uniformemente distribuída ao longo do ano, e subtipo Cfa - chuvoso temperado e úmido em todo o ano e com verão quente (Hoflich, 1984).

A temperatura média anual é de 18°C, com sua precipitação pluviométrica média de 1234 mm/ano, evapotranspiração potencial de 841 mm/ano e umidade relativa do ar média de 80% (Orselli, 1986).

A região da barreira da Pinheira apresenta sua rede hidrográfica inserida no Sistema da Vertente Atlântica, formada por um conjunto de microbacias isoladas, comandadas pelo regime pluviométrico, o qual se caracteriza pelas chuvas distribuídas o ano inteiro e um perfil longitudinal de baixa declividade. Em seus cursos inferiores (planície costeira), os dois principais rios da região (rio Maciambú, ao norte, e rio da Madre, ao sul) ocorrem na forma de meandros (Fig. 1).

O rio Massiambú e seus afluentes formam uma bacia hidrográfica com 137 km². Cerca de 80% desta bacia situa-se sobre o embasamento cristalino e o restante se estende sobre a planície costeira (Reitz, 1960 *apud* Mendonça, 1991). Este rio possui uma largura máxima de 100 m em seu curso inferior.

O rio da Madre apresenta uma bacia hidrográfica com área de 305 km², sendo que 70% de sua área ocorre na planície costeira, com largura máxima de 120m.

Dados oceanográficos da área de estudo são escassos. Medidas instantâneas de altura, período e ângulo de incidência de ondas, obtidas para a enseada da Pinheira são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Altura significativa, período significativo e ângulo de incidência de ondas para a enseada da Pinheira (Maraschin *et al*, 1999).

Enseada da Pinheira	Altura Significativa	Período Significativo	Ângulo De Incidência
Extremidade Norte	0,85 metros	7,7 segundos	5° NE
Parte central da enseada	1,24 metros	8,5 segundos	0°

Observações de campo, em conjunto com análises de fotos aéreas e imagens de satélites, permitem apontar que a ondulação dominante na costa catarinense provém do quadrante SE (Caruso Jr., 1995), fazendo com que a deriva litorânea de sedimentos ocorra no sentido N e NE (Muehe, 1998).

A variação média da maré é de 0,8 m, com amplitude máxima de 1,2 m. Estes valores a classificam com uma micromaré (Schettini *et al.*, 1996; Carvalho *et al.*, 1996 e Trucolo, 1998), sendo, todavia, de primordial importância a consideração da maré meteorológica, pois esta, quando coincidente com o nível de preamar da maré astronômica, pode aumentar em até um metro o nível da preamar.

A baixa amplitude de maré e um regime de ondas de energia baixa a moderada (Tabela 1), permite classificar esta região como do tipo dominada por ondas, segundo Davis e Hayes (1984).

3. Métodos

São aqui apresentados os métodos de campo e laboratório empregados no trabalho.

3.1. Amostragem de sedimentos no sistema praia-duna atual

Com o objetivo de serem analisadas as variações granulométricas ao longo do sistema praia-duna moderno foram coletadas três amostras em cada um dos vinte e cinco perfis dispostos ao longo da atual linha de costa da Pinheira (Fig. 2). Em cada perfil (orientado transversalmente à linha de costa) foram coletadas amostras superficiais nas porções médias da face marinha da duna frontal, do berma e da face da praia (Fig. 3).

3.2. Coleta de testemunhos de sondagem nos cordões de dunas intermediário e interno

Considerando-se a natureza progradante da barreira, cuja estratigrafia geral se expressa pela presença de depósitos praias na base, e de dunas costeiras no topo, foram coletados testemunhos de sondagem rasos (média de 3 m de penetração) ao longo de dois cordões litorâneos antigos da barreira. Desta forma, foi possível realizar uma análise comparativa das mudanças granulométricas longitudinais e transversais da barreira ao longo do tempo (últimos 3 ka aproximadamente).

Foram coletados seis testemunhos em um cordão interno e quatro em um cordão de posição intermediária entre o interno e a atual linha de costa (Fig. 4). Na operação de sondagem foi utilizado um testemunhador à percussão, constituído por um tubo de PVC com 6 metros de comprimento, com diâmetro de 75 mm, e apresentando, na sua base, um dispositivo retentor de sedimentos ("aranha"). Na operação de testemunhagem, o tubo é inserido no terreno através de golpes de um peso-batente (10 kg) sobre uma braçadeira de metal presa ao tubo. A recuperação do testemunhador é realizada com o auxílio de um sistema tripé-talha com capacidade de carga de 1 tonelada.

Infelizmente, apenas o testemunho 10 penetrou em depósitos praias da barreira. Os restantes ficaram restritos à cobertura eólica dos cordões litorâneos.

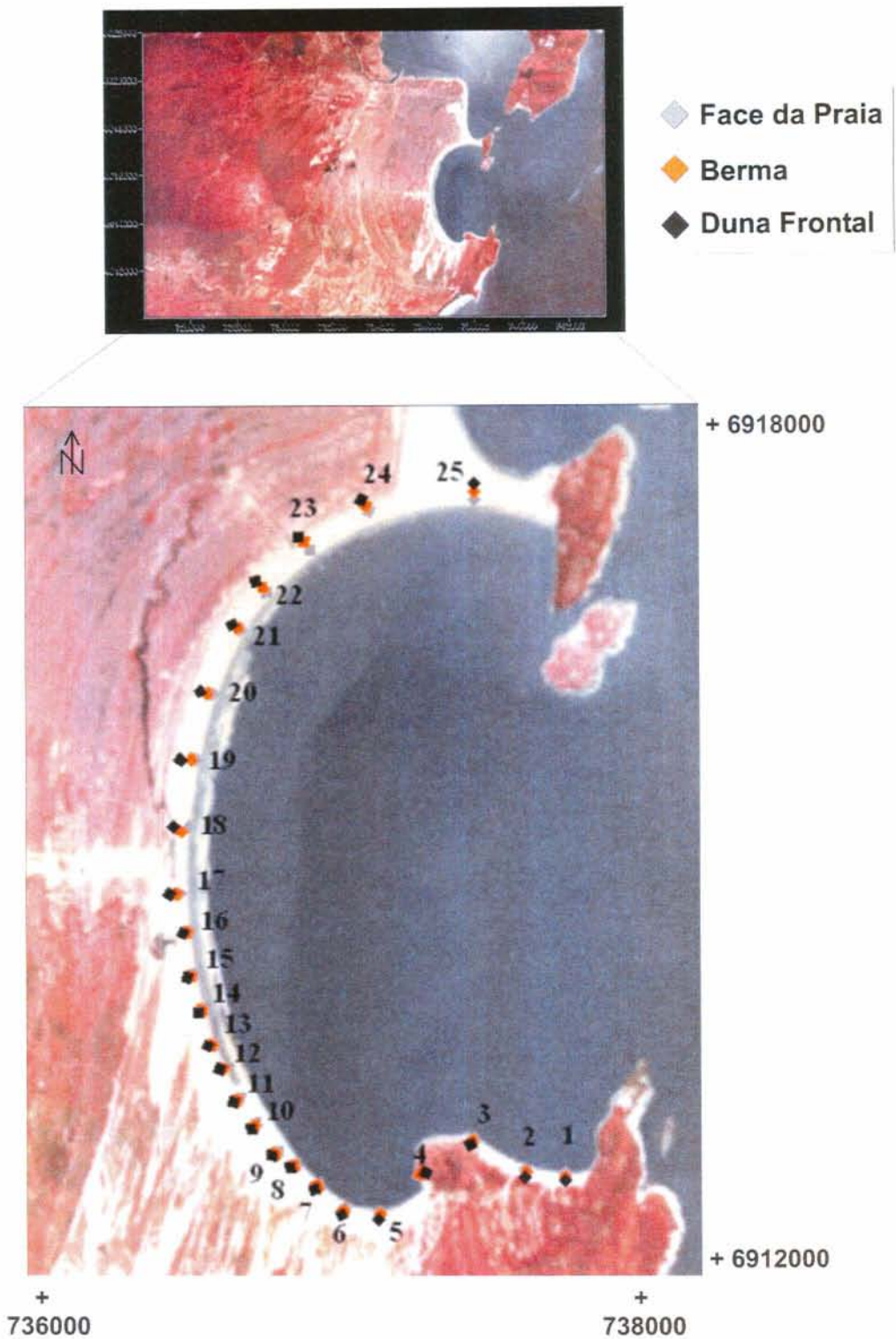


Figura 2: Localização, no sistema praia-duna atual, dos 25 perfis transversais à linha de costa, nos quais foram coletadas amostras da face marinha das dunas frontais, do meio do berma e da face da praia.

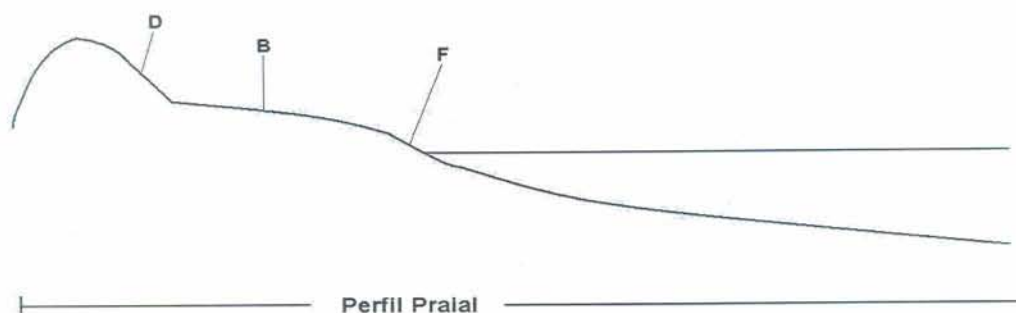


Figura 3: Detalhe dos três sub-ambientes amostrados (D= face marinha da duna frontal, B= meio do berma e F= face da praia) em cada um dos 25 perfis praiados.

3.3. Tratamento das amostras superficiais e dos testemunhos de sondagem em laboratório

As amostras superficiais das dunas frontais, berma e face da praia, dos vinte e cinco perfis da linha de costa atual, foram processadas conforme o método clássico de análise granulométrica por peneiração. A fração carbonática não foi eliminada previamente à peneiração. Após a extração dos sais e secagem, as amostras foram fracionadas por peneiração em intervalos de $\frac{1}{2}$ phi. O cálculo dos parâmetros estatísticos granulométricos segundo Folk e Ward (1957), foi efetuado através do programa SISGRAM (Camargo, 1999).

Os testemunhos foram abertos e preliminarmente descritos quanto à cor ("rock color chart") e textura dos sedimentos. Em razão da aparente homogeneidade textural dos testemunhos, definiu-se pela coleta de amostras a intervalos regulares de 30 cm. A análise granulométrica destas amostras seguiu o mesmo procedimento descrito para as amostras superficiais.

No testemunho 10, obtido na extremidade norte do cordão interno (Fig. 4), foi coletada uma amostra de depósitos praiados da sua porção basal. Desta amostra, foram separados exemplares de valvas de conchas (*corbula caribaea*, *anadara ovalis*, *mytilus sp* e *chamys sp*) que evidenciavam um retrabalhamento pouco intenso, para datação pelo método do C^{14} . A amostra foi enviada ao

laboratório da Beta Analytic Inc. (Flórida/USA) e datada pelo método radiométrico convencional em 3.140 ± 100 anos AP (idade calibrada 3200-2730).

Com base na profundidade limite entre depósitos eólicos e praias (3,2 m) no interior do testemunho 10 que recuperou 3,8 m de registro sedimentar, e na altitude do topo do testemunho (2,9 m), obtida por nivelamento altimétrico com DGPS, foi possível estimar um posicionamento aproximado do nível do mar, à época da formação do cordão interno, equivalente a $-0,30$ m, ou seja, equivalente ao nível de mar atual.

3.4. Levantamentos altimétricos

Foram realizados dois tipos de levantamentos altimétricos com uso de um DGPS modelo *Trimble* de precisão submétrica: (a) Levantamento contínuo (modo dinâmico) ao longo de um alinhamento transversal à barreira, situado em sua porção mediana (Fig. 4). Este levantamento e fotografias aéreas pancromáticas (escala 1:45.000) possibilitaram a visualização, em perfil, da morfologia geral de sessenta cordões litorâneos gerados durante a progradação da barreira nos últimos 3 Ka; e (b) Levantamentos altimétricos pontuais (modo estático), com objetivo de determinar a altitude do topo dos testemunhos de sondagem.

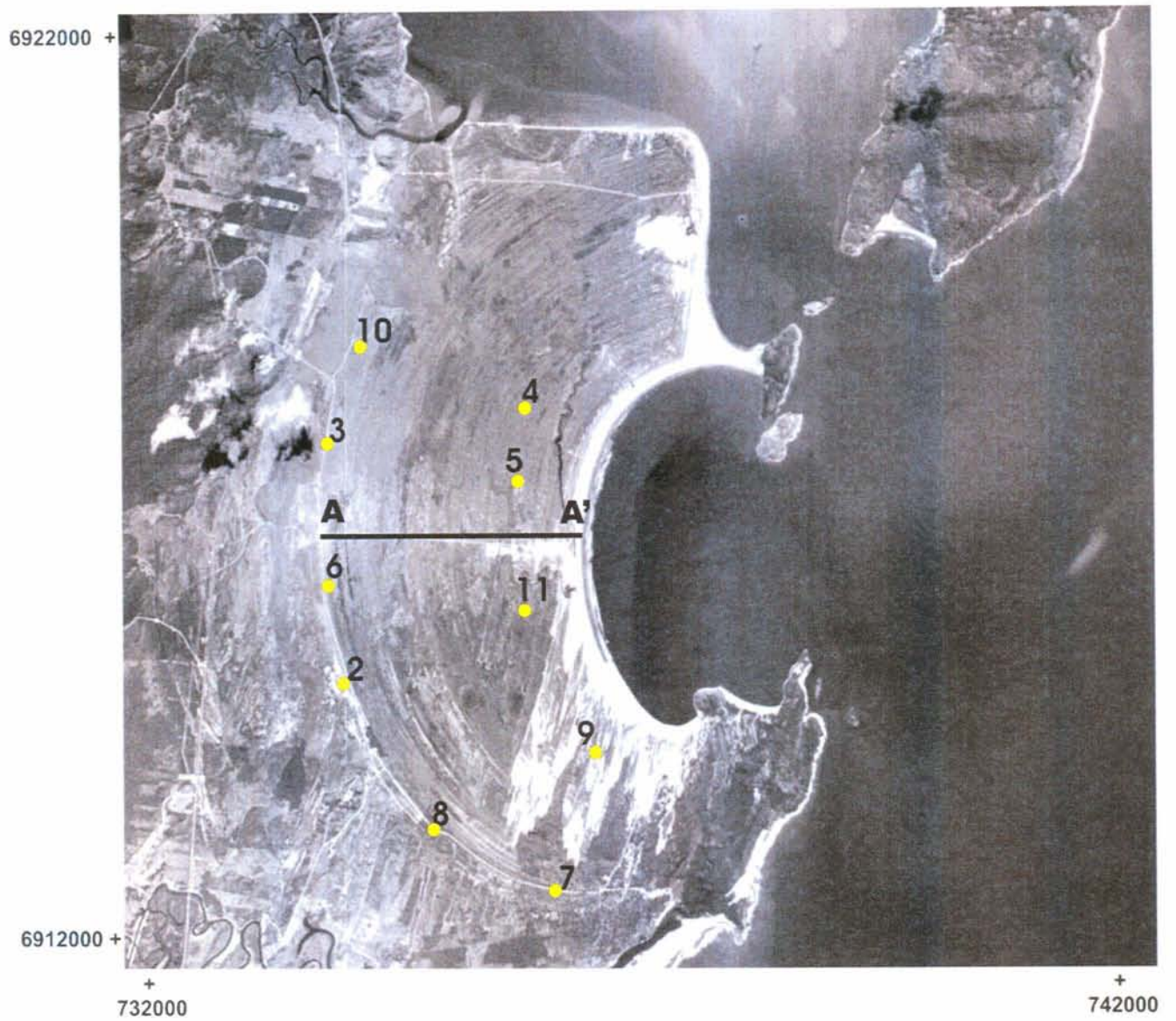


Figura 4: Localização dos testemunhos de sondagem coletados ao longo de dois cordões litorâneos antigos da barreira costeira da Pinheira (cordões interno e intermediário), e localização do perfil altimétrico transversal (A-A').

4. Resultados e Discussão

4.1. A evolução geológica da barreira no Holoceno Superior

A apresentação de uma interpretação evolutiva da barreira costeira da Pinheira, ainda que de caráter preliminar, tem como objetivo contextualizar geológica e cronologicamente o sistema praia-duna atual e os cordões litorâneos (de dunas frontais) intermediário e interno da barreira. A base desta interpretação inclui: resultados de trabalhos pré-existentes de áreas de estudos próximas, a análise de fotografias aéreas e uma única idade de C^{14} (obtida na execução deste trabalho). O Holoceno Superior é aqui entendido como o intervalo de tempo situado entre 5 ka e o presente.

A idade de 3.140 ± 100 anos AP, obtida para os depósitos praias sotopostos ao cordão de dunas interno, foi interpretada como a idade de formação do cordão. Esta idade indica que a barreira progradou 3.500 metros nos últimos 3.140 anos. Portanto, a uma taxa média de progradação de 1,1 m/ano. Se assumirmos esta taxa como constante durante toda a fase de progradação da barreira, podemos estimar tanto a idade de início da progradação, a qual equivale à idade do cordão litorâneo mais antigo, situado junto às Terras Altas do embasamento cristalino, como a idade do cordão intermediário. Assim, extrapolando-se a taxa de 1,1 metros/ano, para todo o desenvolvimento da barreira costeira da Pinheira obtem-se a idade de 4.916 anos AP para o início da progradação e uma idade de 1.280 anos para o cordão intermediário.

A idade de 4.916 anos AP, para o início da progradação, indica que esta se deu durante a fase de rebaixamento geral do nível do mar ocorrida após o máximo da Última Grande Transgressão (UGT) datada em cerca de 5 ka. Esta idade de 5 ka (mais precisamente 5,1 ka com base em idades C^{14} convencionais) está bem consolidada para toda a costa nordeste, sudeste e sul do Brasil (Martin *et al.*, 1979, Suguio *et al.*, 1985, Angulo e Lessa, 1997).

Em particular para a barreira costeira da Pinheira, considera-se que, no máximo da UGT, o nível do mar tenha alcançado uma altitude de no máximo 2,10 metros, conforme indicado por Angulo *et al.* (1999) para a região de Laguna-Imbituba, situada a apenas 30 km ao sul da área de estudo.

A distância de 5.500 metros entre o cordão mais antigo (4.9 ka) e a atual linha de costa corresponde ao total da progradação da barreira durante o Holoceno Superior.

O trabalho de Dillenburg *et al* (2000) indica que, no Rio Grande do Sul, a progradação da barreira holocênica (barreira IV), produzida exclusivamente pelo rebaixamento de 2 metros do nível do mar (regressão forçada), nos últimos 5 ka, variou aproximadamente entre 570 e 920 metros. Esta regressão forçada é função, tanto do espaço de acomodação, ou declividade da plataforma continental interna (PCI), como da erosão e transporte, no sentido da praia, de um volume de sedimentos proporcional a uma espessura de 2 metros de sedimentos erodida da plataforma continental interna. Este erosão de uma espessura de 2 metros de sedimentos da PCI corresponde ao previsto pela "Regra de Bruun" quando de um rebaixamento de 2 metros do nível do mar (Bruun, 1962). Considerando-se que a declividade da PCI adjacente a Pinheira ($0,11^\circ$) é semelhante aos valores mais altos de declividade da PCI do Rio Grande do Sul ($0,12^\circ$), podemos assumir a variação de valores acima de progradação por regressão forçada, como também válidos para a barreira da Pinheira nos últimos 5 ka.

O perfil altimétrico (Fig. 5), restrito aos últimos 3.500 metros de progradação, sugere que, nos últimos 3.140 anos AP, o rebaixamento do nível do mar tenha tido um importante controle na progradação da barreira. A declividade do perfil, no sentido do mar, sugere este controle. Ainda que a cobertura superficial deste segmento da barreira seja de origem eólica, a tendência geral de inclinação de sua superfície, no sentido do mar, por tão longa extensão (3.500 metros), deve refletir um controle do comportamento do nível do mar na progradação.

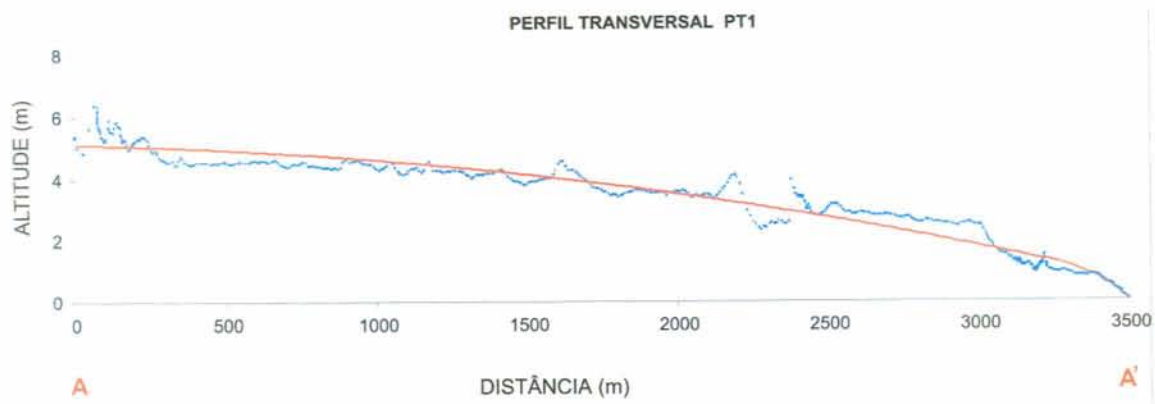


Figura 5: Perfil altimétrico transversal aos cordões de dunas da barreira costeira da Pinheira no segmento que progradou 3.500 metros nos últimos 3.140 anos AP. O levantamento altimétrico foi realizado com o DGPS modelo Trimble de precisão submétrica. Ver localização do perfil na figura 4.

De acordo com Helland-Hansen e Martinsen (1996) dois tipos de regressão forçada podem acontecer: (1) acrescionária, quando a acumulação de sedimentos tem participação significativa na progradação da linha de costa; e (2) não acrescionária, quando a progradação da linha de costa ocorre por translação ao longo de uma superfície pré-existente com muito pouco ou nenhum aporte sedimentar à bacia (Fig. 6). Portanto, em se assumindo que a progradação da barreira da Pinheira, como efeito somente do rebaixamento do nível do mar teria sido de no máximo 1.000 metros nos últimos 5 ka, pode-se concluir que os últimos 3.500 metros de progradação da barreira foram produzidos, em parte pelo rebaixamento do nível do mar, e em outra parte por um expressivo aporte de sedimentos arenosos no sistema praiial da barreira nos últimos 3 ka.

Assim, conclue-se que a progradação da barreira da Pinheira, nos últimos 3.140 anos AP, deu-se sob condições de regressão forçada acrescionária; ou seja, como o produto da combinação entre o rebaixamento do nível do mar nos últimos 3 ka e um expressivo balanço positivo de areia no sistema praiial. Esta regressão forçada acrescionária deve explicar a progradação total da barreira (5.500 m) ocorrida nos últimos 5 ka.

A alta maturidade textural dos sedimentos arenosos dos depósitos praias e eólicos da barreira da Pinheira indicam uma natureza policíclica destes sedimentos. A elevada maturidade textural identificada para os sedimentos arenosos dos três cordões estudados indica que este balanço positivo de sedimentos pode estar relacionado a uma transferência expressiva de areia da plataforma continental para o sistema praias da barreira nos últimos 5 ka. Esta mesma fonte de sedimentos foi destacada por vários autores para explicar a progradação de barreiras costeiras holocênicas em várias partes do mundo (e.g. Pierce, 1969; Morton e Donaldson, 1973; Domingues e Wanless, 1991; Goodfriend e Stanley, 1999; Schwab *et al.*, 2000; Roy *et al.*, 1992; Dillenburg *et al.*, 2000).

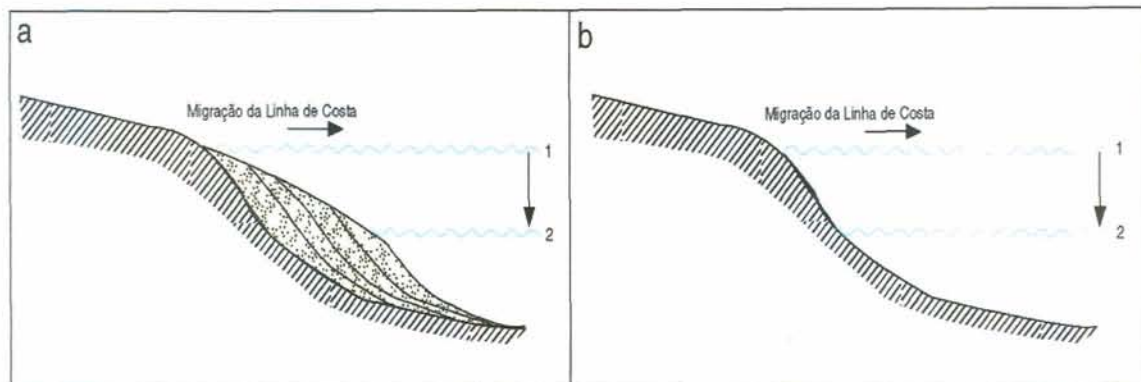


Figura 6: (a) Regressão forçada acrescionária e (b) regressão forçada não acrescionária. Extraído e modificado de Helland-Hansen e Martinsen (1996) *apud* Clerot, 2004.

Todavia, existe uma contradição entre a conclusão acima e a posição altimétrica do limite entre os depósitos eólicos e praias no testemunho 10 (Figura 26), a qual indica que, há cerca de 3 ka, o nível do mar estava posicionado próximo ao nível atual, ou mesmo ligeiramente abaixo (-0,30m). Sob esta situação, a progradação nos últimos 3 ka teria sido controlada essencialmente por um significativo balanço positivo de areia no sistema praias, e a superfície deste trecho da barreira seria aproximadamente horizontal. Entretanto, duas prováveis fontes de erro do posicionamento altimétrico do testemunho 10 devem ser consideradas: (1) uma imprecisão na interpretação do limite entre os depósitos eólicos e praias no testemunho, e (2) a imprecisão do posicionamento altimétrico do testemunho, realizado através de um DGPS de precisão submétrica.

Em trabalhos futuros, com foco no conhecimento evolutivo mais detalhado da barreira da Pinheira, o limite entre depósitos eólicos e praias deve ser buscado em um número maior de testemunhos de sondagem, e seus respectivos posicionamentos altimétricos devem ser realizados por métodos mais precisos.

A principal morfologia da barreira da Pinheira (cerca de 74%) se apresenta como o produto da justaposição lateral de aproximadamente oitenta (80) cordões litorâneos e suas respectivas depressões. Os restantes 26% estão representados principalmente pela morfologia de dunas transgressivas, de modo mais expressivo pela primeira fase de transgressão de dunas, que se projeta para sudoeste a partir do cordão litorâneo interno, e secundariamente por depósitos de retrabalhamento fluvial.

Segundo Hesp (*informação verbal*) os cordões litorâneos da barreira da Pinheira não são cordões de praia (*beach ridges*), cuja formação se deve à ação de ondas, mas sim cordões de dunas frontais (*foredune ridges*), pois o processo principal de formação dos cordões é de natureza eólica.

No segmento de 3.500 metros entre o cordão de duna frontais interno (idade de 3.140 anos AP) e a linha de costa atual (idade zero) ocorrem sessenta (60) cordões, facilmente identificáveis em fotografias aéreas. Como estes sessenta cordões formaram-se nos últimos 3.140 anos, pode ser calculado o tempo de aproximadamente 52 anos para a formação de cada cordão. Este valor situa-se dentro de intervalo geral de 30 a 150 anos para a formação de cordões litorâneos, relatado em diferentes trabalhos (e.g. Tanner e Stapor, 1971; King, 1972; Chappell e Grindrod, 1984; Mason, 1990; Thompson, 1992; Thompson e Baedke, 1995; Fox *et al.*, 1995 e Tanner, 1973).

Portanto, pode-se assim sintetizar a evolução da barreira da Pinheira no Holoceno Superior:

Há cerca de 5 ka, a linha de costa encontrava-se posicionada cerca de 5.500 metros para oeste da atual linha de costa. Na porção central da enseada da Pinheira, a linha de costa estava definida diretamente pelas Terras Altas do embasamento.

Ao sul, o cordão mais interno identificado, corresponde à linha de costa de aproximadamente 5 ka. Como esta idade (ainda que estimada) é bastante próxima da idade do nível de mar mais alto alcançado pela UGT, sugere-se que a progradação da barreira tenha se dado inteiramente durante a fase subsequente de rebaixamento geral do nível do mar. A progradação total de 5.500 metros não pode ser explicada apenas como o efeito do rebaixamento de 2,10 metros do nível do mar, ao qual, estima-se, corresponderia uma progradação de no máximo 1.000 metros. Todavia, o rebaixamento do nível do mar associado a um expressivo balanço positivo de sedimentos arenosos no sistema praial da Pinheira podem explicar a progradação de 5.500 metros da barreira. A esta combinação entre rebaixamento do nível do mar e balanço positivo de sedimentos corresponde o modelo de regressão forçada acrescionária de Helland-Hansen e Martinsen (1996).

4.2. Propriedades granulométricas do sistema praia-duna atual

As praias arenosas estão entre os mais dinâmicos sistemas físicos da superfície terrestre. Ocorrem em todos os ambientes sedimentares expostos à ação de ondas, onde existam sedimentos suficientes para serem depositados acima do nível do mar. A ocorrência das praias é totalmente dependente das ondas e dos sedimentos, mas é independente de demais processos superficiais. Conseqüentemente, podem ocorrer em todas as latitudes e tipos de costas, podendo ser, entretanto, influenciadas e modificadas por processos como marés e ventos, além de parâmetros como tipo de sedimento (Short, 1999).

Segundo a classificação de Rodriguez (1995), a praia da Pinheira é uma típica praia de enseada, ou seja, corresponde a uma unidade fisiográfica na qual sua forma, em planta e perfil, localiza-se confinada lateralmente por costões rochosos, com sua hidrodinâmica condicionada por ondas e correntes litorâneas.

Segundo Finkelstein (1981), praias de enseada ocorrem em uma variedade de escalas, com o seu desenvolvimento sendo função da presença de dois promontórios consecutivos, e apresentando uma aproximação das cristas de ondas oblíquas ao alinhamento dos promontórios. Segundo Rodriguez (1995), a existência de promontórios rochosos confina o volume de sedimentos dentro da praia e limita seu transporte longitudinal.

Miot da Silva (2002) afirma que as praias de enseada do litoral catarinense são influenciadas pela fonte de sedimentos, a qual pode ser de origem fluvial ou retrabalhamento de antigos depósitos. Estas praias são afetadas pela geologia da região e este pode ser o fator primário para determinar o padrão de distribuição dos sedimentos. A gradação lateral de sedimentos se dá onde ocorre aporte de diferentes populações granulométricas. A autora, com base no estudo de 15 amostras de face da praia da enseada da Pinheira, não observou gradação longitudinal no tamanho médio.

No presente trabalho, também não foi observada uma gradação longitudinal do tamanho médio.

A utilização de parâmetros granulométricos de sedimentos, na descrição e identificação de ambientes deposicionais, está amplamente difundida, podendo ser assinalado como pioneiro o trabalho de Udden (1898, *apud* McLaren 1981). Inman (1952) forneceu as bases da estatística descritiva da granulometria, revistas por Folk e Ward (1957), que estabeleceram fórmulas até hoje usadas.

A relação existente entre a dinâmica a que são submetidos os sedimentos, e seu respectivo registro granulométrico têm sido alvo de muitos estudos, visando estabelecer os principais fatores de influência e formação (Martins *et al.*, 1972).

Segundo McLaren (1981), as características de um depósito sedimentar, tais como a média, o desvio padrão e a assimetria são heranças de sua fonte e são dependentes de processos do tipo: joeiramento, deposição seletiva ou parcial da distribuição granulométrica em transporte e deposição total da distribuição granulométrica em transporte.

Desse modo, as mudanças na distribuição granulométrica seguem tendências claramente identificáveis desde a fonte até o depósito. Uma vez estabelecidas, essas tendências indicam uma trajetória de transporte para a movimentação do sedimento que pode sugerir um modelo que identifique o ambiente de deposição.

Não obstante o esforço de muitos sedimentólogos no sentido de demonstrar que apropriados parâmetros estatísticos relacionados com a distribuição de tamanho de grãos dos sedimentos arenosos constituem bons índices ambientais, até agora nenhum dos métodos empregados logrou pleno êxito (Reineck e Singh, 1980). Tornou-se especialmente famoso o método de Sahu (1964).

Pettijohn (1975) afirma que é duvidoso que a distribuição de tamanho dos grãos possa ser indicativa de qualquer agente e/ou ambiente particular. Comentando sobre as utilidades das análises de tamanho de grãos, Twenhofel e Tyler (1941, p. 120) salientaram: *“os métodos estatísticos podem ter mais valor do que é aparentemente visualizado e seus resultados certamente permitem constatar suas similaridades e diferenças”*.

Os resultados deste trabalho, apresentados a seguir, mostram a inexistência de variações longitudinais nos parâmetros estatísticos das amostras do sistema praia-duna atual, porém, mostram claras variações transversais no sistema quando comparados o desvio padrão e assimetria das amostras de face da praia ou berma, com amostras da duna frontal.

Os dados completos da análise granulométrica das amostras do sistema praia-duna atual são apresentados no Anexo 1.

4.2.2. Parâmetros estatísticos granulométricos

4.2.2.1. Tamanho médio

Uma análise comparativa do tamanho médio dos sedimentos que representam o sistema praia-duna da Pinheira, evidência, de modo geral, um padrão homogêneo de distribuição longitudinal dos sedimentos, ou seja, sem gradação lateral no tamanho médio dos grãos (Figuras 7, 8 e 9). O material dinamizado é, em grande parte quartzoso, formado por uma só população representada pela classe granulométrica areia fina (2Ø - 3Ø) da classificação de Wentworth (1922). As médias do tamanho médio da face da praia, berma e duna frontal correspondem, respectivamente, a 2,59Ø, 2,64Ø e 2,60Ø.

Observa-se, nas linhas de tendência, que ocorre uma sutil diminuição do tamanho médio de grão, de sul para norte, nos 3 sub-ambientes (face da praia, berma e duna frontal) (Figuras 7, 8 e 9). Entretanto, não é observada uma mudança de classe granulométrica.

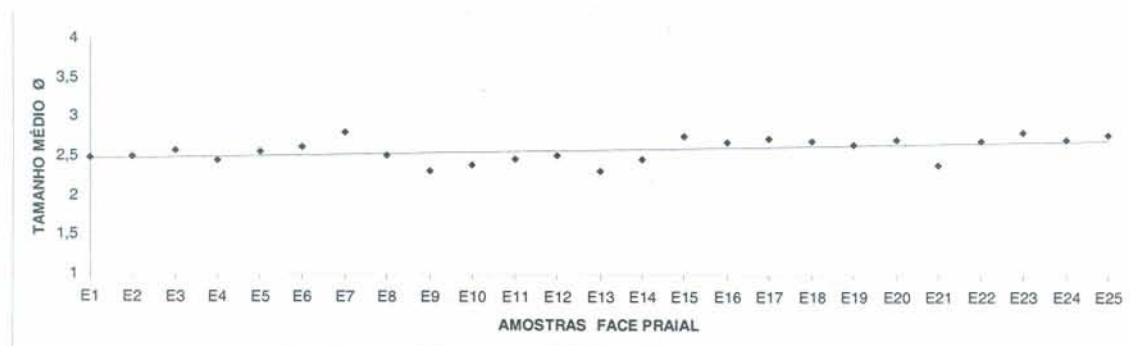


Figura 7: Valores de tamanho médio de grão para as amostras da face da praia.

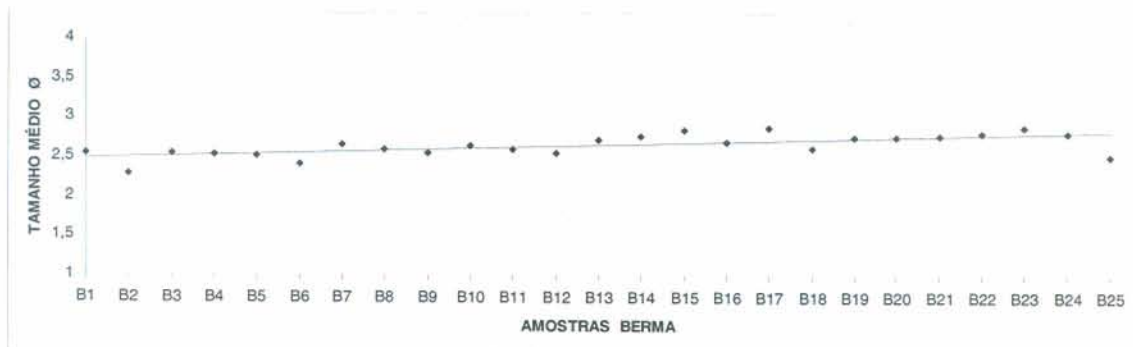


Figura 8: Valores de tamanho médio de grão para as amostras do berma.

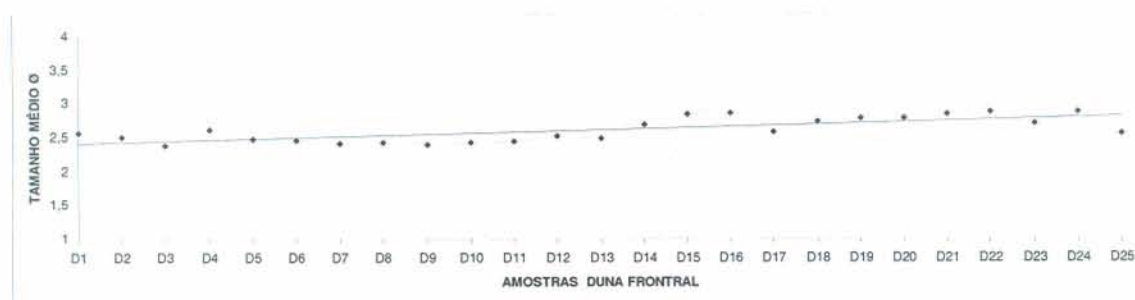


Figura 9: Valores de tamanho médio de grão para as amostras da duna frontal.

Conforme já ressaltado anteriormente, os resultados deste trabalho e os de Miot Da Silva (2002) são coincidentes na não observância de uma gradação longitudinal dos sedimentos da face da praia da enseada da Pinheira (Fig. 10).

No entanto, em várias praias de enseada no mundo, observam-se variações no tamanho médio de grão. Finkelstein (1981) estudando praias de enseada na ilha de Kodiak no Alasca observou a presença de areia fina em zonas de baixa energia de onda e areia grossa e eventualmente cascalhos em zonas de energia relativamente mais alta. Da mesma forma, King (1973), destaca que a altura de onda tem se mostrado direta e positivamente correlacionada com o tamanho de grão da praia. Os trabalhos de Bruun (1988) e Dubois (1989, *apud* Gillén e Gimenez, 1994), observaram que o nível energético de ondas é o primordial condicionante da distribuição de sedimentos na face da praia. Entretanto, destacam que uma relação inversa pode ocorrer em zonas que apresentam fontes externas de sedimentos. Para Komar (1976), os fatores mais importantes da distribuição do tamanho de grão, são: fonte de sedimentos (proveniência), nível energético de ondas e características da plataforma interna. Para Carter e Guy (1988) a gradação de sedimentos pode efetuar-se através de vários tipos de fatores agindo unicamente ou em conjunto: variação longitudinal na energia de onda, fluxo de energia de onda e desintegração mecânica e/ou química.

Segundo Van Rijn (1998), as variações longitudinais de tamanho de grãos podem ser afetadas por: configuração da linha de costa, existência de falésias e promontórios, sedimentos com várias sub-populações (transporte seletivo) e níveis energéticos de ondas diferentes ao longo da linha de costa.

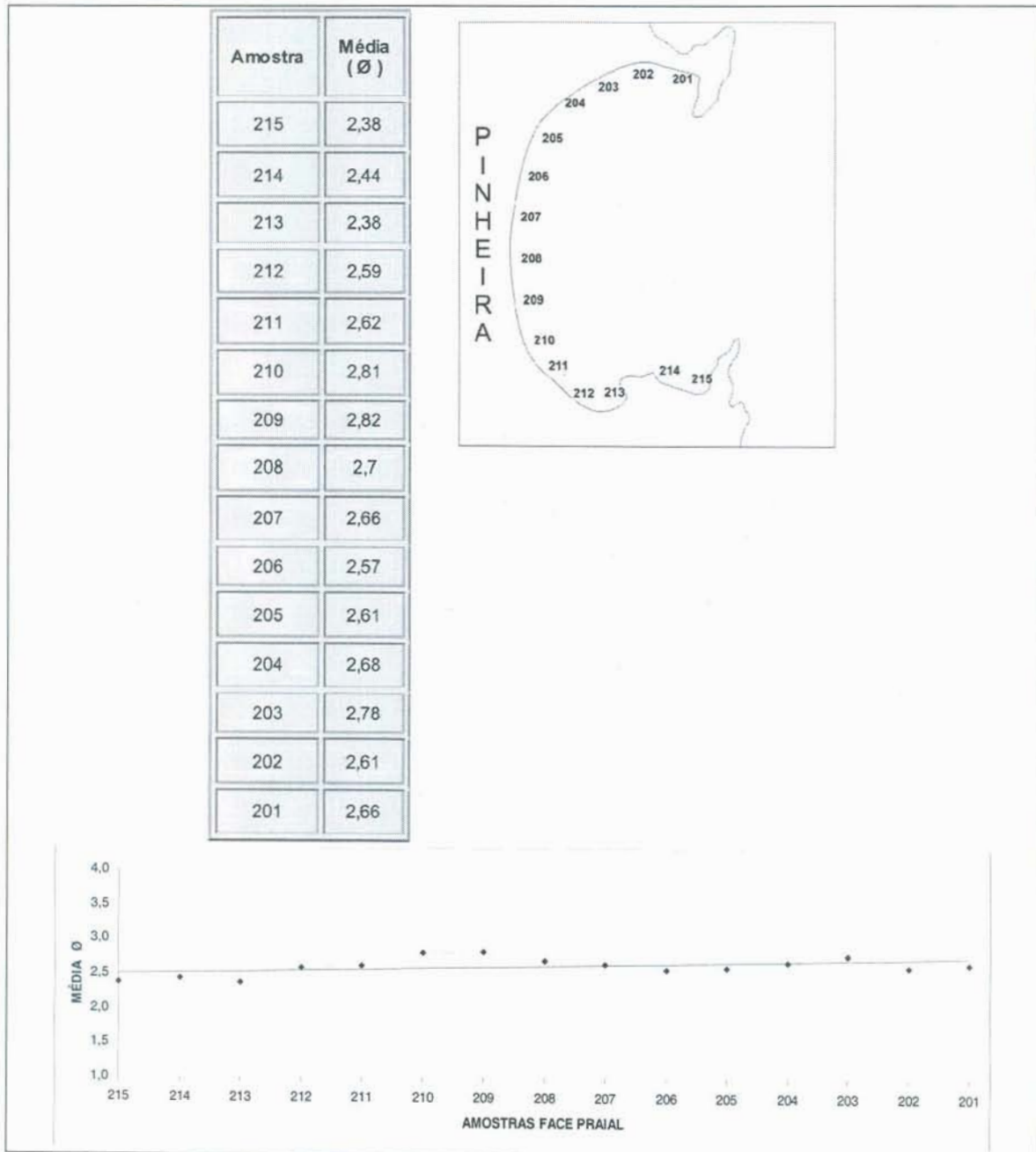


Figura 10: Valores de tamanho médio de grão para as amostras da face da praia da Pinheira. Extraído e modificado de Miot da Silva (2002).

A não observação de uma significativa gradação longitudinal do tamanho médio dos sedimentos do sistema praia-duna da Pinheira poder estar relacionada a uma provável natureza policíclica destes sedimentos, a qual tem por significado uma inexistência de diferentes tamanhos da classe areia que poderiam responder às diferenças de energia de onda que se fazem presentes na enseada (ver Tabela 1). Outra hipótese que poderia explicar a inexistência de gradação é a ausência de aportes pontuais de sedimentos ao sistema praial da Pinheira, conforme apontado por Miot da Silva (2002), e igualmente considerado por Van Rijn (op cit.).

4.2.2.2. Desvio padrão

Os três sub-ambientes analisados (face da praia, berma e duna frontal) apresentaram valores médios de desvio padrão de 0,53, 0,36 e 0,35, respectivamente (Figs. 11, 12 e 13). De uma maneira geral, os valores de desvio padrão não apresentaram uma tendência de aumento ou redução, para os três sub-ambientes, ao longo da enseada.

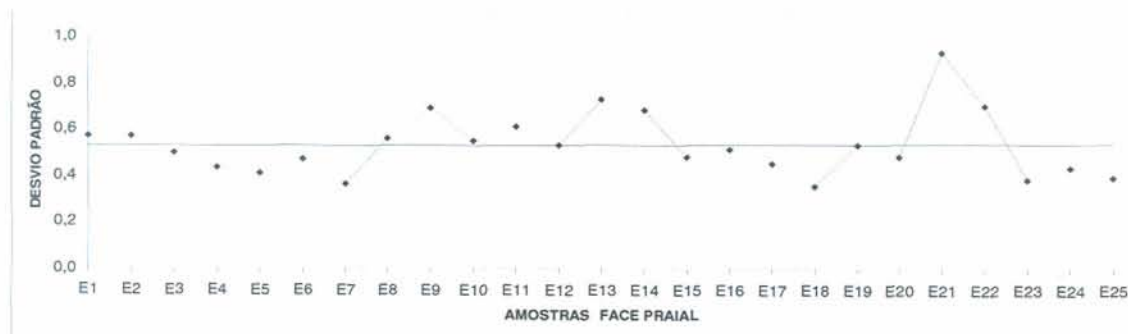


Figura 11: Valores de desvio padrão para as amostras da face da praia.

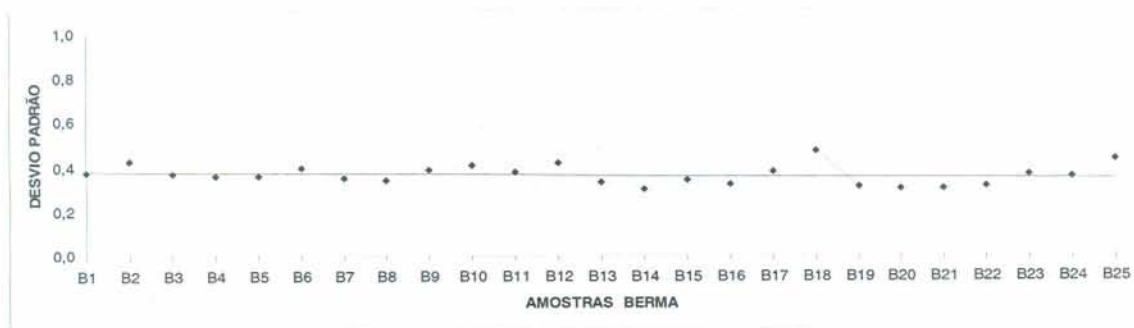


Figura 12: Valores de desvio padrão para as amostras do meio do berma.

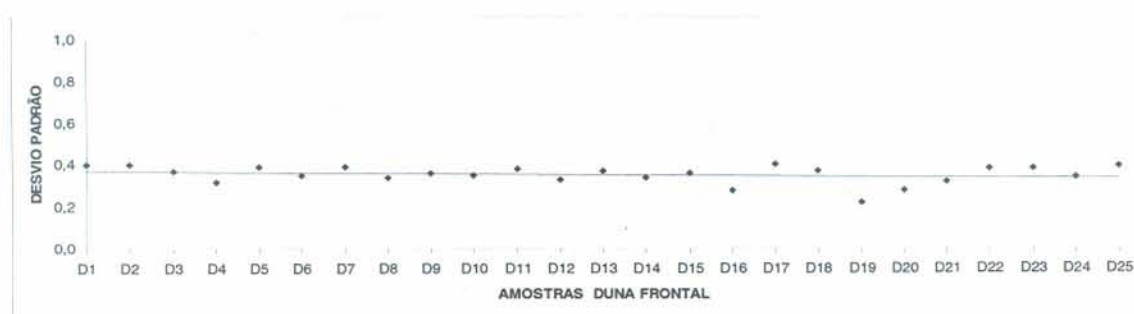


Figura 13: Valores de desvio padrão para as amostras da duna frontal.

Os diagramas acima mostram que as areias da face da praia apresentam uma seleção moderada, enquanto que as areias do berma e duna frontal apresentam uma seleção boa.

Este comportamento nos valores de desvio padrão foi observado em vários trabalhos, como Mason e Folk (1958), Friedman (1961), Mabesoone (1964), Bigarella *et al.* (1959), Martins (1967), Martins *et al.* (1969) e recentemente por Clerot *et al.* (2001), todos destacando uma seleção relativamente mais alta das areias de dunas quando comparadas com areias da face da praia ou estirâncio.

Os resultados de Miot da Silva (2002), para as 15 amostras coletadas na face da praia da Pinheira (Fig. 14), apresentaram valores de desvio padrão oscilando de 0,31(amostra 208) a 0,59 (amostra 201). Estes valores são concordantes com os obtidos nesse trabalho. Porém, a curva média de valores obtida por Miot da Silva (*op. cit.*) mostra valores de desvio padrão menores que os encontrados neste trabalho.

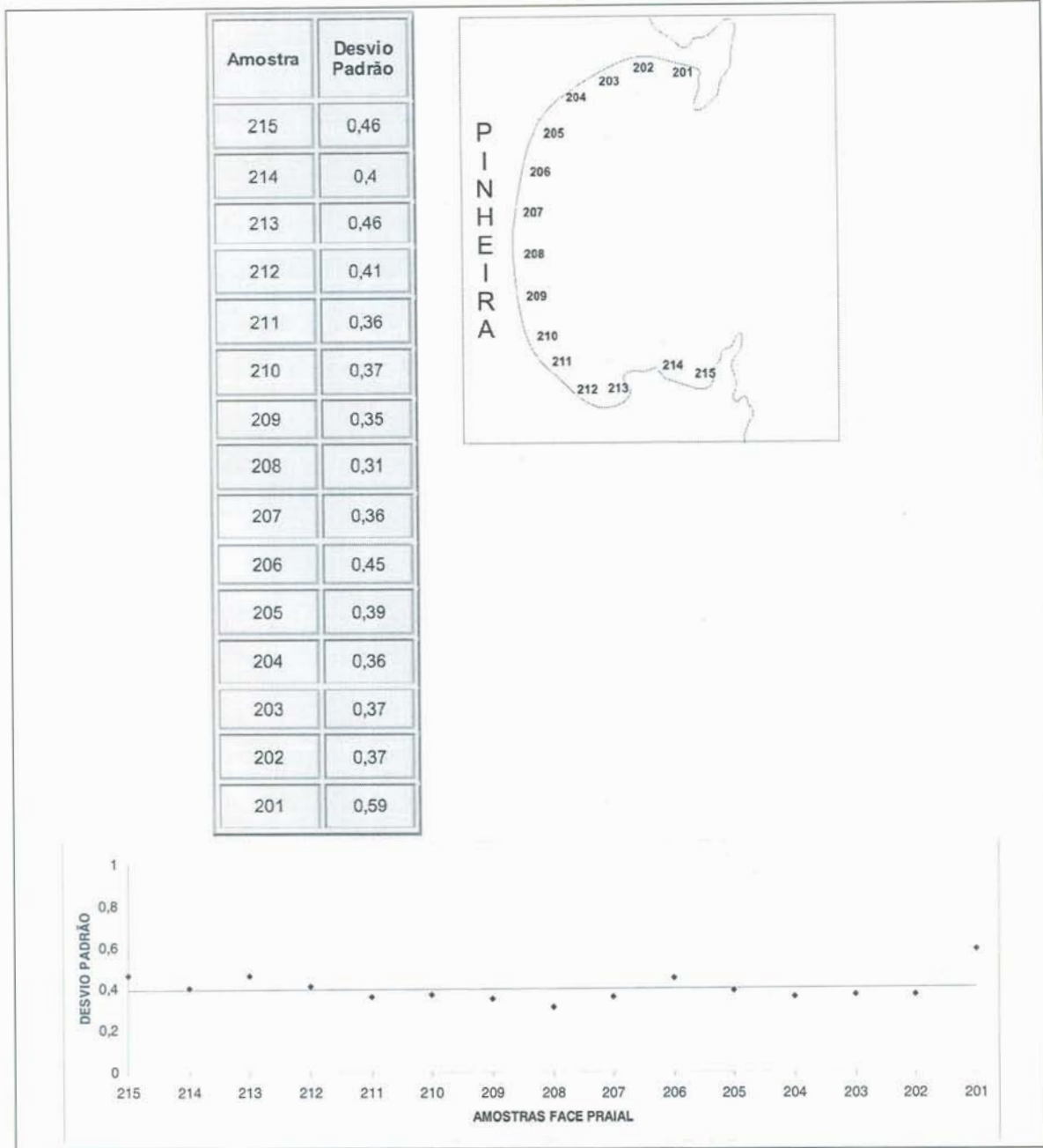


Figura 14: Valores de desvio padrão para as amostras da face da praia da Pinheira. Extraído e modificado de Miot da Silva (2002).

4.2.2.3. Assimetria

Friedman (1967) estabelece que os parâmetros texturais estão relacionados com os mecanismos de transporte e as condições de energia do meio transportador. A diferenciação entre sedimentos praias e eólicos, pode ser numericamente estabelecida através do parâmetro estatístico assimetria. Enquanto para as areias de dunas ela é geralmente positiva, para as areias de praia ela é, de um modo geral, negativa.

As areias da face da praia da Pinheira apresentam, em média, um sinal negativo para a assimetria (-0,27), as areais do berma (-0,03) e a duna frontal (0,03) tendendo para o sinal positivo (Figs. 15, 16 e 17). Estes resultados estão de acordo com o estabelecido por Friedman (1967). Apenas para as amostras da face da praia é observada uma tendência de aumento dos valores negativos de assimetria de sul para o norte da enseada.

Figueiredo (1964) estudou as areias recentes da planície costeira do Rio Grande do Sul, e entre os diversos aspectos analisados, igualmente observou a predominância da assimetria negativa na face da praia.



Figura 15: Valores de assimetria para as amostras da face da praia.



Figura 16: Valores de assimetria para as amostras do berma.



Figura 17: Valores de assimetria para as amostras da duna frontal.

Para McLaren (1981), os valores negativos da assimetria explicam-se por uma deposição seletiva dos sedimentos durante sua contínua movimentação pelo processo de lavagem da face da praia (*swash e backswash*). Segundo Duane (1964), a assimetria é sensível ao ambiente deposicional. Seu sinal negativo indica remoção seletiva durante o transporte, como observado em ambiente praias; e o sinal positivo indica ambientes mais protegidos, como lagunas e dunas costeiras.

Hails (1967) estudou mais de 1.500 amostras na região costeira de New South Wales na Austrália, em busca de um parâmetro que permitisse separar os ambientes de ilhas barreiras, praias, dunas e planícies flúvio-deltáicas. Constatou que isso não poderia ser feito pelos diâmetros médios e nem pela morfologia (arredondamento) dos grãos, mas sim, pela assimetria.

Assim sendo, torna-se consistente a afirmação de que: diferenças nos valores de assimetria, encontradas entre as areias da face da praia e as areias do berma e duna frontal, do sistema praia-duna atual da barreira da Pinheira, indicam que este parâmetro estatístico poderia ser empregado na diferenciação entre depósitos eólicos e praias dos 60 cordões litorâneos formados durante a progradação da barreira no Holoceno Superior (últimos 3 ka).

4.2.2.4. Curtose

As areias do berma e das dunas frontais apresentam valores médios de curtose de 1,11 e 1,02, respectivamente (Figs. 19 e 20), aos quais correspondem distribuições granulométricas mesocúrticas. As linhas de tendência mostram um aumento geral dos valores de curtose, de sul para o norte da enseada, para os três sub-ambientes, ou zonas do sistema praia-duna

Segundo Martins *et al.*, 1972, distribuições mesocúrticas e assimetria positiva são diagnósticas de sedimentos eólicos, e evidenciam que a ação seletiva do vento sensibilizou a distribuição total destas amostras.

As areias da face da praia apresentam valor de curtose média de 1,27 (Fig. 18), sendo assim classificadas como leptocúrticas.

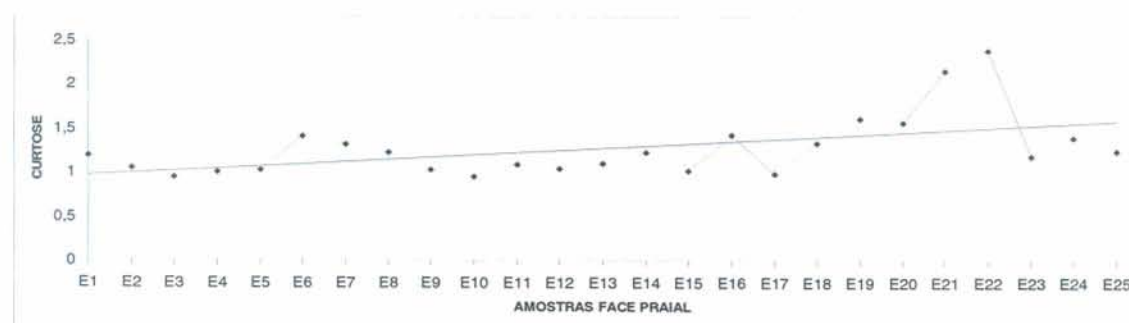


Figura 18: Valores de curtose para as amostras da face da praia.

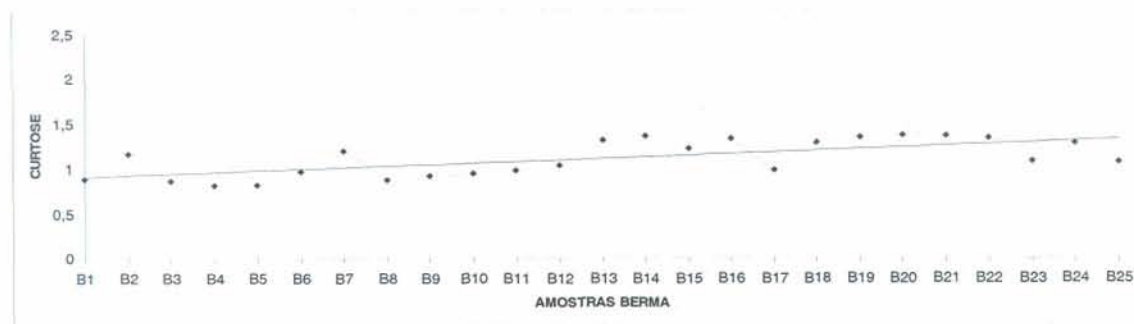


Figura 19: Valores de curtose para as amostras do meio do berma.

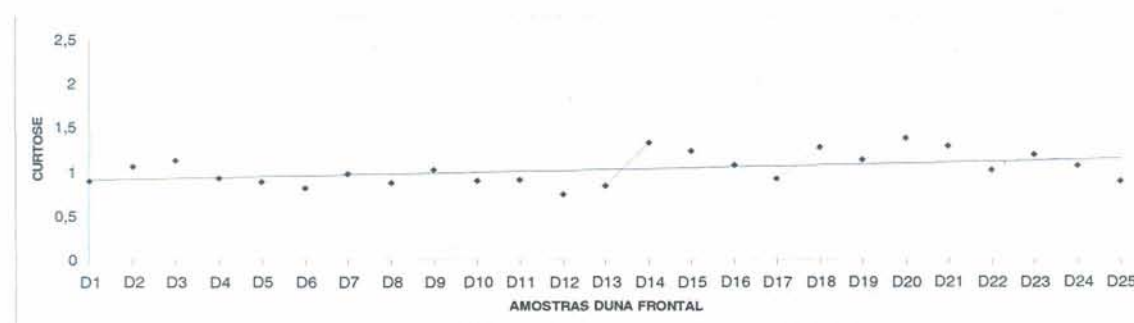


Figura 20: Valores de curtose para as amostras da duna frontal.

Em síntese, os resultados da análise granulométrica das amostras do sistema praia-duna atual da enseada da Pinheira mostram uma insignificante variação longitudinal dos parâmetros estatísticos. Este fato pode ser decorrente de um caráter policíclico das areias da barreira da Pinheira; ou seja, não existem classes granulométricas no tamanho areia que permitam a geração de um registro sedimentar das diferenças de energia, ao longo da enseada, dos dois principais agentes dinâmicos do sistema: onda e vento.

É interessante notar que os parâmetros tamanho médio, desvio padrão e curtose mostram uma mesma tendência de comportamento, de sul para o norte da enseada, para os três sub-ambientes do sistema praia-duna atual (face da praia, berma e duna frontal), quais sejam: o tamanho médio dos grãos diminui (expresso pelo aumento dos valores de phi nas Figuras 7, 8 e 9), os valores de desvio padrão permanecem praticamente constantes (Figs. 11, 12 e 13) e os valores de curtose aumentam (Figs. 18, 19 e 20).

Este comportamento sugere que o transporte das areias, pelo vento, da praia para as dunas frontais, não modificou de um modo significativo as propriedades granulométricas das areias praias; ou seja, as variações longitudinais dos parâmetros estatísticos nas dunas frontais atuais são um reflexo das variações longitudinais, dos mesmos parâmetros, nas areias de praia. Em outras palavras, os depósitos de areia das dunas frontais refletem as variações longitudinais da dinâmica das ondas, no interior da enseada da Pinheira.

A análise das variações transversais dos parâmetros estatísticos, ou seja, entre os diferentes sub-ambientes, ou zonas do sistema praia-duna (face da praia, berma e duna frontal) mostrou resultantes importantes. Não foram observadas variações significativas no tamanho médio e na curtose. Todavia, a seleção (desvio padrão) e a assimetria mostraram-se potencialmente importantes na distinção entre depósitos eólicos (dunas frontais) e praias (face da praia) da barreira.

4.3. Propriedades granulométricas do cordão de duna intermediário

Este cordão teve a sua idade de formação estimada em 1.280 anos AP. Na área sul da barreira, ele se encontra parcialmente recoberto por dunas transgressivas ativas (dunas parabólicas) que migram para SW. Sobre este cordão foram coletados quatro testemunhos de sondagem: 9, 11, 5 e 4 (Fig. 4). A seguir são apresentados os resultados das análises granulométricas de cada um dos quatro testemunhos. Como estes não alcançaram os depósitos praias, nesta porção da barreira, todos os dados a seguir apresentados e discutidos correspondem à cobertura eólica da barreira (depósitos de dunas frontais principalmente) (Fig. 21). Os dados completos da análise granulométrica dos 4 testemunhos são apresentados no Anexo 2.

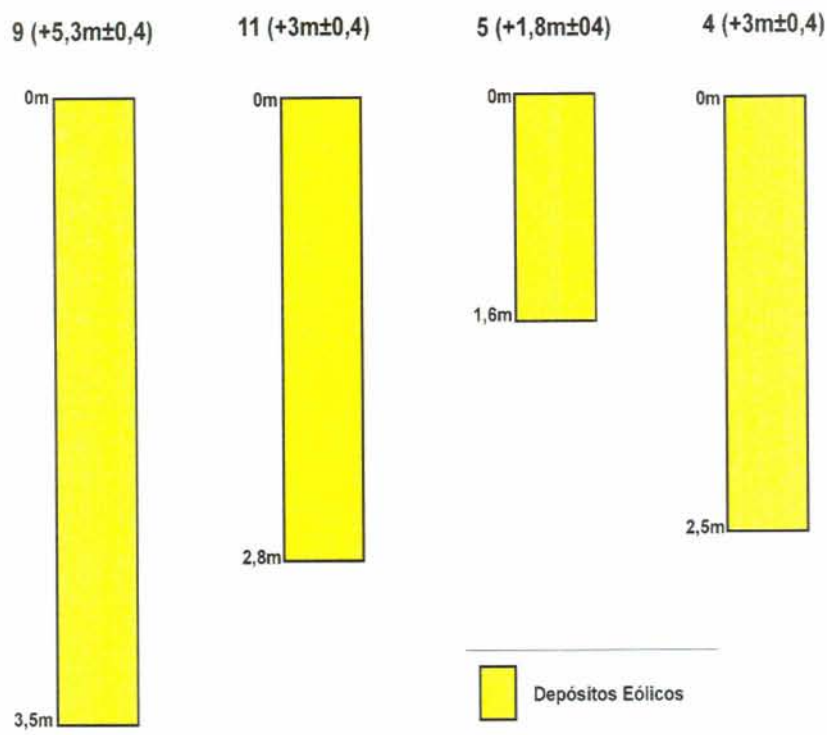


Figura 21: Perfis colunares dos testemunhos 9, 11, 5 e 4 localizados no cordão de dunas intermediário. Altitudes medidas por DGPS são apresentadas entre parênteses.

Os valores médios, máximos e mínimos dos quatro parâmetros estatísticos, de cada um dos testemunhos, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios, máximos e mínimos do tamanho médio, desvio padrão, assimetria e curtose, para cada um dos 4 testemunhos do cordão de duna intermediário.

	Testemunho 9			Testemunho 11			Testemunho 5			Testemunho 4		
	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín
Tamanho Médio	2.52	2.64	2.37	2.71	2.78	2.59	2.77	2.79	2.75	2.66	2.68	2.63
Desvio Padrão	0.38	0.44	0.32	0.35	0.38	0.32	0.35	0.36	0.35	0.40	0.47	0.36
Assimetria	0.02	0.41	-0.15	-0.01	0.03	-0.05	0.02	0.03	0.00	-0.08	0.06	-0.20
Curtose	0,96	1,16	0,83	1,20	1,31	0,94	1,27	1,28	1,25	1,25	1,52	1,06

Os gráficos das figuras 22, 23, 24 e 25 mostram as variações longitudinais, de sul para norte, dos valores médios do tamanho médio, desvio padrão, assimetria e curtose em cada um dos testemunhos deste cordão.

Os 4 testemunhos apresentam um valor médio do tamanho médio de 2,66, praticamente o mesmo valor médio das dunas frontais do sistema praia-duna atual (2,60). Outra semelhança é a sutil diminuição do tamanho médio, dentro da classe areia fina, de sul para norte, mostrada pelas linhas de tendência das Figuras 9 e 22).



Figura 22: Valores de tamanho médio de grão para os testemunhos do cordão intermediário.

O valor médio do desvio padrão dos 4 testemunhos é de 0,37, valor semelhante ao das dunas frontais do sistema praia-duna (0,35). Assim como nas dunas frontais do sistema praia-duna atual, a linha de tendência mostra valores praticamente iguais do desvio padrão, de sul para norte, entre as médias dos testemunhos do cordão (Figs. 13 e 23).



Figura 23: Valores de desvio padrão para os testemunhos do cordão intermediário.

O valor médio da assimetria dos 4 testemunhos é de -0,01, enquanto que a média das duna frontais do sistema praia-duna atual foi de 0,03. Estes dois valores definem sedimentos com distribuição aproximadamente simétrica, o que configura mais uma semelhança entre os sedimentos do cordão intermediário e o sistema praia-duna atual (Figs. 17 e 24).



Figura 24: Valores de assimetria para os testemunhos do cordão intermediário.

Os valores de curtose conferem uma classificação leptocúrtica (1,17) para o cordão intermediário e mesocúrtica (1,02) para o berma e duna frontal do sistema praia-duna atual. E ambos mostram uma tendência de crescimento dos valores de curtose de sul para norte (Figs. 19, 20 e 25).



Figura 25: Valores de curtose para os testemunhos do cordão intermediário.

Existe uma grande semelhança entre os depósitos de areia das dunas frontais do sistema praia-duna atual e os depósitos de areia do cordão intermediário, diagnosticada pelos parâmetros estatísticos dos dois sistemas, descritos acima. Esta semelhança é também observada nas tendências de comportamento dos parâmetros, em particular do tamanho médio, desvio padrão e curtose, ao longo dos dois sistemas, de sul para norte da enseada da Pinheira.

Com base nestas semelhanças e, em particular, com base na observação de uma mesma tendência de comportamento longitudinal dos parâmetros estatísticos, nos dois sistemas, pode-se sugerir que, entre a idade de formação do cordão intermediário (aproximadamente 1280 anos AP) e do sistema praia-duna atual, não se modificaram a fonte dos sedimentos e/ou as condições gerais de dinâmica praial (ondas) e de ventos na enseada da Pinheira.

4.4. Propriedades granulométricas do cordão de duna interno

A idade de formação deste cordão foi determinada através da datação por ^{14}C dos depósitos praias amostrados no testemunho 10 (ver localização na Fig. 4 e sua descrição no Quadro 14). A idade obtida foi de 3.140 ± 100 anos AP.

Sobre este cordão foram coletados seis testemunhos de sondagem: 7, 8, 2, 6, 3 e 10 (Fig. 4). A exceção do testemunho 10 que amostrou depósitos praias a uma profundidade de 3,2 m (equivalente a -0,30 m em relação ao nível do mar), todos os demais amostraram apenas os depósitos eólicos de dunas frontais do cordão (Fig. 26). As descrições completas dos seis testemunhos são apresentadas no Anexo 3.

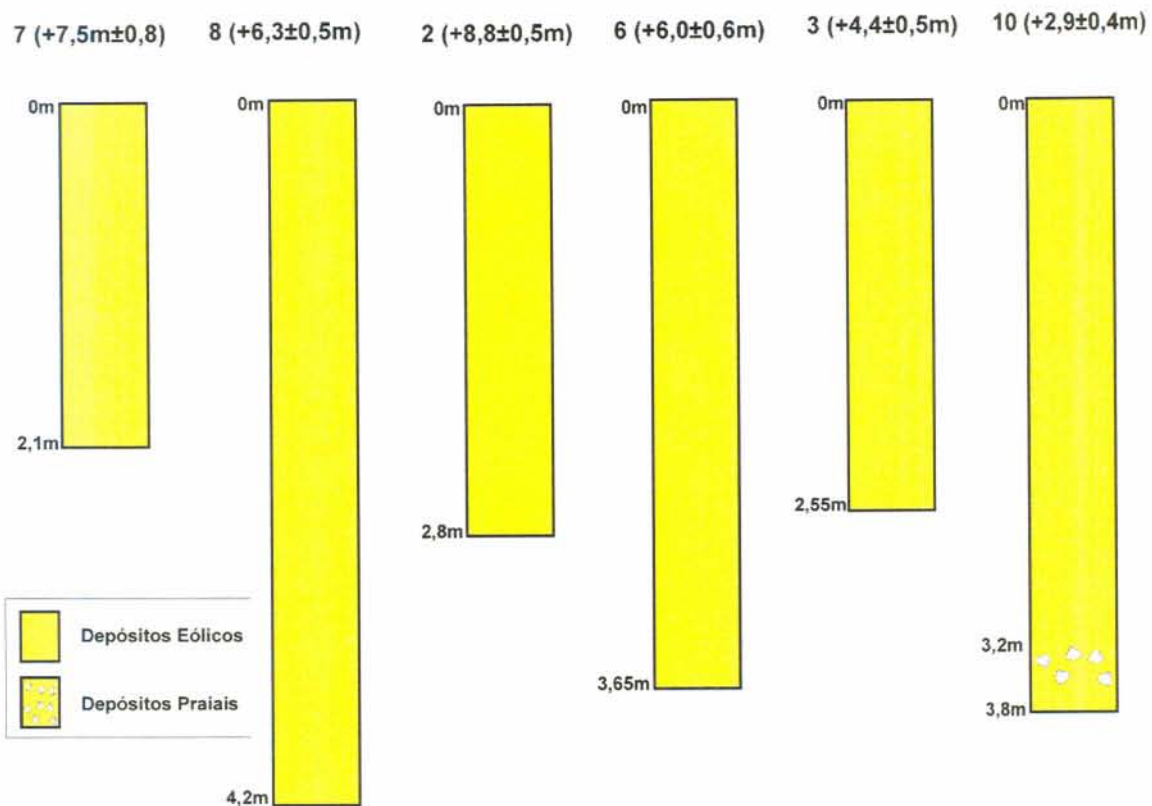


Figura 26: Perfis colunares dos testemunhos 7, 8, 2, 6, 3 e 10 coletados no cordão de dunas interno. Altitudes medidas por DGPS são apresentadas entre parênteses.

Os valores médios, máximos e mínimos dos quatro parâmetros estatísticos, de cada um dos testemunhos, estão apresentados na Tabela 3.

Os gráficos das figuras 27, 28, 29 e 30 mostram as variações longitudinais, de sul para norte, dos valores médios do tamanho médio, desvio padrão, assimetria e curtose em cada um dos testemunhos deste cordão.

Tabela 3: Valores médios, máximos e mínimos do tamanho médio, desvio padrão, assimetria e curtose, para cada um dos 6 testemunhos do cordão de duna interno.

	Testemunho 7			Testemunho 8			Testemunho 2			Testemunho 6		
	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín
Tamanho Médio	2.39	2.46	2.20	2.35	2.53	2.20	2.65	2.78	2.59	2.72	2.86	2.47
Desvio Padrão	0.40	0.49	0.37	0.43	0.54	0.35	0.37	0.40	0.32	0.36	0.39	0.32
Assimetria	-0.03	0.07	-0.15	-0.07	0.03	-0.17	-0.02	0.04	-0.10	0.03	0.12	-0.05
Curtose	0.94	1.14	0.87	1.06	1.32	0.83	1.11	1.37	0.90	1.19	1.76	0.83
	Testemunho 3			Testemunho 10								
	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín						
Tamanho Médio	2.82	2.92	2.63	2.70	2.80	2.61						
Desvio Padrão	0.35	0.40	0.31	0.41	0.54	0.34						
Assimetria	0.08	0.19	-0.06	-0.10	0.01	-0.66						
Curtose	1.10	1.29	0.80	1.09	1.25	0.89						

Os 6 testemunhos apresentam um valor médio do tamanho médio de 2,60, o mesmo valor médio das dunas frontais do sistema praia-duna atual (2,60). Ambos mostram uma sutil diminuição do tamanho médio (expresso pelo aumento dos valores de phi), dentro da classe areia fina, de sul para norte (Figs. 9 e 27).

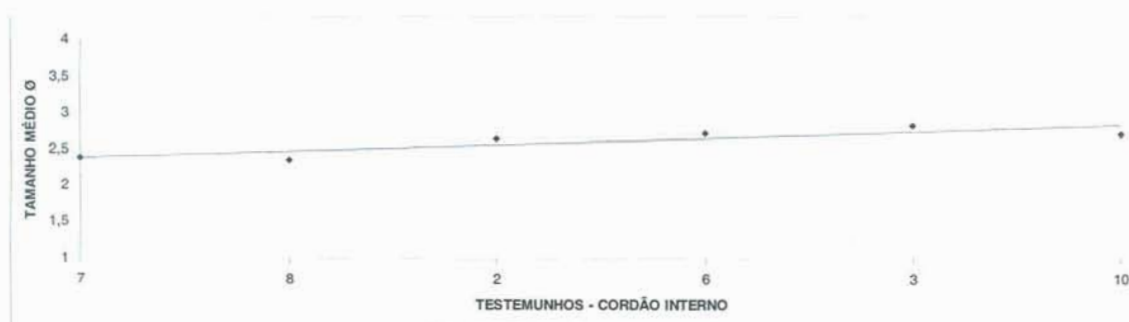


Figura 27: Valores de tamanho médio de grão para os testemunhos do cordão interno.

O valor médio do desvio padrão dos 6 testemunhos é de 0,39, valor semelhante ao das dunas frontais do sistema praia-duna (0,35). Assim como nas dunas frontais do sistema praia-duna, a linha de tendência mostra valores praticamente iguais do desvio padrão, de sul para norte, entre as médias dos testemunhos do cordão (Figs. 13 e 28).

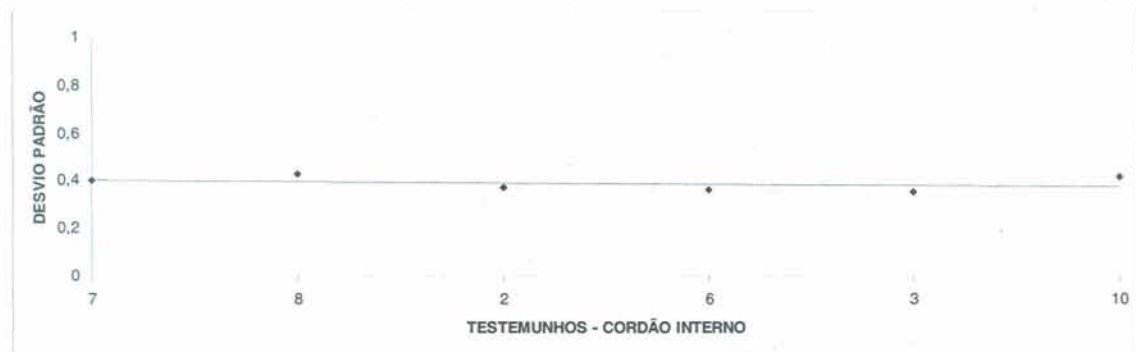


Figura 28: Valores de desvio padrão para os testemunhos do cordão interno.

O valor médio da assimetria dos 6 testemunhos é de -0,02, enquanto que a média da duna frontal do sistema praia-duna atual foi de 0,03. Estes dois valores definem sedimentos com distribuição aproximadamente simétrica, configurando mais uma semelhança entre os sedimentos do cordão interno e da duna frontal do sistema praia-duna atual (Figs. 17 e 29).



Figura 29: Valores de assimetria para os testemunhos do cordão interno.

Os valores de curtose conferem uma classificação mesocúrtica para o cordão interno (1,08) e para o berma e duna frontal do sistema praia-duna atual (1,02). E ambos mostram uma tendência de crescimento dos valores de curtose de sul para norte (Figs. 19, 20 e 30).

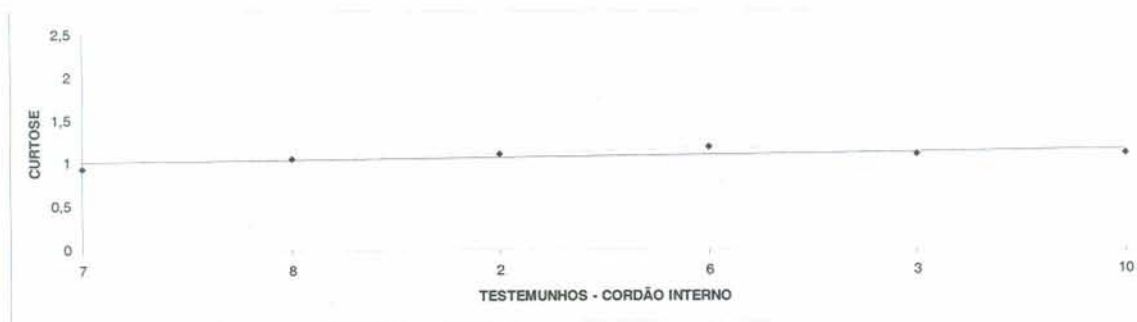


Figura 30: Valores de curtose para os testemunhos do cordão interno.

Observa-se aqui, também, uma grande semelhança entre os depósitos de areia das dunas frontais do sistema praia-duna atual e os depósitos de areia do cordão interno de dunas frontais, diagnosticada pelos parâmetros estatísticos dos dois sistemas, descritos acima. Esta semelhança é também observada nas tendências de comportamento dos parâmetros, em particular do tamanho médio, desvio padrão e curtose, ao longo do cordão, de sul para norte da enseada da Pinheira.

Portanto, conclui-se pela existência de uma grande semelhança entre os depósitos de areia das dunas frontais do sistema praia duna atual e os depósitos de dunas frontais dos cordões intermediário e interno. Em uma orientação transversal, não são observadas variações importantes, entre os 3 sistemas, no que se refere às suas propriedades granulométricas. Ou seja, nos últimos 3.140 anos de progradação da barreira da Pinheira, as propriedades granulométricas dos sedimentos arenosos, dos cerca de 60 cordões de dunas frontais formados, não variaram.

Nos 3 sistemas, foram observadas tendências de comportamento longitudinal das propriedades granulométricas muito semelhantes, em particular no que se refere ao tamanho médio, desvio padrão e curtose. Esta observação sugere que, nos últimos 3140 anos, não se modificaram a fonte dos sedimentos e/ou as condições gerais de dinâmica praial (ondas) e de ventos na enseada da Pinheira.

A sutil diminuição do tamanho médio das areias dos 3 sistemas, de sul para norte, ou o sutil aumento do tamanho médio de norte para sul, pode indicar uma menor energia de ondas no norte da enseada e uma maior energia de ondas no sul. Uma relação deste tipo, entre tamanho de grão e energia de ondas foi observada por Finkelstein (1981) para praias de enseada na ilha de Kodiak no Alasca. Corroboram com esta interpretação as medidas instantâneas de altura de onda na enseada da Pinheira que indicam uma altura de 0,85m, na extremidade norte da enseada, e 1,24 m na sua parte central (Tabela 1).

5. Considerações Finais

A barreira costeira da enseada da Pinheira é do tipo regressiva. Seu desenvolvimento se deu principalmente no Holoceno Superior (últimos 5 ka). Neste intervalo de tempo, sua progradação foi de 5.500 metros, a qual corresponde uma taxa média de progradação de 1,1 m/ano. O rebaixamento do nível do mar na região, de apenas 2,10 m nos últimos 5 ka, conforme sugerido pelo trabalho de Angulo et al. (1999), parece ter contribuído com no máximo cerca de 1.000 metros de progradação. Os restantes 4.500 metros são atribuídos a um expressivo aporte de areia ao sistema praiial da barreira. Assim, uma combinação entre o rebaixamento do nível do mar e um balanço positivo de sedimentos, em um modelo de regressão forçada acrescionária (Helland-Hansen e Martinsen, 1996) pode explicar esta progradação de 5.500 metros da barreira no Holoceno Superior.

A elevada maturidade textural dos sedimentos arenosos dos dois cordões antigos e do sistema praia-duna atual sugere que este balanço positivo de sedimentos pode estar relacionado a uma transferência expressiva de areia da plataforma continental, para o sistema praiial da barreira, nos últimos 5 ka.

Nos últimos 3.500 metros de progradação da barreira, ocorridos, aproximadamente, nos últimos 3.1 ka, cerca de 60 cordões de dunas frontais foram formados. Cada cordão corresponde a um intervalo de tempo de cerca de 52 anos.

No estudo comparativo entre os diferentes sub-ambientes, ou zonas do sistema praia-duna atual (face da praia, berma e duna frontal), concluiu-se que o desvio padrão e a assimetria são potencialmente importantes na distinção entre depósitos eólicos (dunas frontais) e praiiais (face da praia) da barreira.

A observação das mesmas tendências de comportamento longitudinal dos parâmetros estatísticos na face da praia, berma e duna frontal, do sistema praia-duna atual, sugere que o transporte das areias, pelo vento, da praia para as dunas frontais, não modificou de um modo significativo as propriedades granulométricas das areias praias; ou seja, os depósitos de areia das dunas frontais apresentam propriedades granulométricas que refletem as variações longitudinais da dinâmica das ondas, no interior da enseada da Pinheira.

O estudo das propriedades granulométricas de dois cordões de dunas frontais antigos (cordões intermediário e interno, formados, respectivamente, há cerca de 1280 e 3140 anos AP) e do sistema praia-duna atual revelou que, nos últimos 3 ka não ocorreram variações significativas destas propriedades. A constatação desta não variação, no tempo, das propriedades granulométricas dos sedimentos da barreira, permite a consideração de duas hipóteses para explicá-la: 1 – a natureza policíclica do estoque de areia consumido na progradação da barreira, e a manutenção desta fonte de sedimentos durante a sua progradação; e 2 – uma relativa constância, nos últimos 3 ka, das condições dinâmicas gerais dos sistema praia-duna atual da enseada da Pinheira.

6. Referências bibliográficas

- Angulo, R.J.; Lessa, G.C. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, **140**: 141-166.
- Angulo, R.J.; Giannini, P. C. F.; Suguio, K.; Pessenda, L. C. R. 1999. Relative sea-level changes in the last 5.500 years in southern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina state) based on vermetid ¹⁴C ages. **Marine Geology**, International journal of marine geology, geochemistry and geophysics, New York, USA. **153**: 323-559.
- Bigarella, J.J.; Salamuni, R.; Pavão, Z. 1959. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes. I – Praia de Ubatuba, SC. **Boletim do Instituto de Geologia**, Curitiba, **1**:1-102.
- Bruun, P. 1962. "Sea-Level Rise as a Cause of Shore Erosion." Journal of the Waterways and Harbors Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, pp.117-130.
- Bruun, P. 1988. 'The Bruun Rule of Erosion by Sea-Level Rise: A Discussion on Large Scale Two- and Three Dimensional Usages', **Journal of Coastal Research**, vol. **4(4)**, pp. 627-648.
- Camargo, M.G. 1999. SYSGRAM para windows: sistema de análises granulométricas. Pontal do Sul. 2 disquetes, 5 ¼.
- Carter, C.H.; Guy Jr., D.E., 1988. Coastal erosion: Processes, timing and magnitudes at the bluff toe. **Marine Geology**, **84**:1-17.
- Caruso JR., F. 1995. **Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina**. (Texto Explicativo e Mapa em Escala 1:100.000). Brasília: DNPM, 52p.
- Carvalho, J.L.B., Klein, A.H.F., Schettini, C. A.F.; Jabour, P.M. 1996. Marés Meteorológicas em Santa Catarina: Influência do Vento na Determinação de Parâmetros de Projeto para Obras Costeiras. *In*: III simpósio sobre Oceanografia. **Proceedings....**São Paulo. 380p.
- Chappell, J.; Grindrod, J., 1984. Chenier plain formation in northern . Australia. *In*: Thom, B.G. Ed., Coastal Geomorphology in Australia. Academic Press, New York, pp.197-232.

- Clerot, L.C.P.; Torres, G.S.; Travessas, F.D.; Dillenburg, S.R. 2001. Distinção entre Depósitos Eólicos e Praias a partir de Dados de Sondagem a Percussão (SP). VII Congresso da ABEQUA, Boletim de Resumos, V.1, p.184.
- Clerot, L.C.P. 2004. Estudo da Barreira IV na Região do Cassino, Rio Grande - RS: Evolução e Caracterização como Reservatório. 75p. Curso de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de Graduação.
- Correa, I.C.S. 1980. Distribuição dos Sedimentos Modernos da Plataforma Continental entre São Paulo e Santa Catarina. **Pesquisas**, Porto Alegre, n13, pp.109-141.
- Davies, R.A.; Hayes, M.O. 1984. What is a wave-dominated coast? **Marine Geology**, **60**: 313-329.
- Diehl, F.L.; Horn Filho, N.O. 1996. Compartimentação geológico-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do Estado de Santa Catarina. **Notas Técnicas**, **9**:39-50.
- Dillenburg, S. R., Roy, P. S., Cowell, P. J.; Tomazelli, L. J. 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the Shoreface Translation-Barrier Model (STM). **Journal of Coastal Research**, **16(1)**: 71-81.
- Dominguez, J.M.L.; Wanless, H.R. 1991. Facies architecture of a falling sea-level strand-plain, Doce River coast, Brazil. *In*: Swift, D.J.P.; Oertel, G.F.; Tilman, R.W.; Thorne, J.A., eds., Shelf Sand and Sandstone Bodies: Geometry, Facies and Sequence Stratigraphy: International Association of Sedimentologists Special Publication 14: 259-282.
- Duane, D.B. 1964. Significance of Skewness in Recent Sediments, Western Pamlico sound, North Carolina. **Journal of Sedimentary Petrology**, **vol.34**, No.4, pp.864-874.
- Dubois, R. N. 1989. "Nearshore evidence in support of the Bruun Rule on shore erosion." **Journal of Geology**, **84**, pp.485-591.
- Figueredo, P. R. 1964. Parâmetros estatísticos dos sedimentos da planície costeira do Rio Grande do Sul. Boletim de Geologia da USP, 3:211-228.
- Finkelstein, K. 1981. Morphological variations and sediment transport in crenulate-bay beaches, Kodiak Island, Alaska. **Marine Geology**, **v.47**, pp.261-281.

- Folk, R.L.; Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, **27**:3-27.
- Fox, W.T., Haney, R.L., Curran, H.A., 1995. Penouille Spit, evolution of a complex spit, Gaspé, Quebec, Canada. **Journal of Coastal Research**, **11**, pp.478–493.
- Friedman, G.M., 1961. On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones. **Journal of Geology**, **70(6)**:737-753.
- Friedman, G.M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. **Journal of Sedimentary Petrology**, **37(2)**:327-354.
- Gonçalves, A.; Oliveira, M. A. M.; Motta, S. O. 1979. Geologia da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis. **Boletim Técnico da Petrobrás**, **22 (3)**: 157-174.
- Gre, J. C. R. 1983. **Aspectos sedimentares da Plataforma Continental de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Geociências). 91f. Curso de Pós- Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Guillén, J.; Jiménez, J. A. 1994. Processes behind the Longshore variation of the Sediment Grain Size in the Ebro Delta Coast. **Journal of Coastal Research**, **v.11**, n.1, pp. 205-218.
- Hails, J.R. 1967. The origin and development of the Umina-Woy ridge system, Broken Bay, NSW. **The Australian Geographer**, **11**: 1–12.
- Holland-Hansen, W.; Martinsen, O.J. 1996. Shoreline trajectories and sequences: description of variable depositional-dip scenarios. **Journal of Sedimentary Research**, **66(4)**: 670-688.
- Hoflich, O. 1984. **Cimate of the South Atlantic Ocean**. In: *Climates of the Oceans*. Amsterdam: Elsevier (World Survey of Climatology, 15). 352p.
- Inman, D. L. 1952. Measures for describing the size distribution of sediments. **Journal Sedimentary Petrology**, **22(3)**: 125-145.
- King, C. A. M. 1973. **Beaches and Coasts**. Edward Arnold, 570p. 2 nd.
- Klein, A.H.F.; Menezes, J.T. 2001. Beach morphodynamics and Profile Sequence for a Headland Bay Coast. **Journal of Coastal Research**, **v.17**, n. 4. pp.812-816.

- Komar, P.D. 1976. **Beach Processes and Sedimentation**. New Jersey: Prentice- Hall, 429 p.
- Mabesoone, J.M. 1964. Origin and age of the sandstone reefs of Pernanbuco (Northeastern, Brazil), **Journal Sedimentary Petrology**, v.34, n4. 225-242.
- McLaren, P. 1981. An interpretation of trends in grain size measures. **Journal of Sedimentary Petrology**, 51(2):611-624.
- Mason, O.K., 1990. **Beach Ridge Geomorphology of Kotzebue Sound: Implications or Paleoclimatology and Archeology**. PhD Dissertation, University of Alaska, 262 p.
- Mason, C.C.; Folk, R.L., 1958. Differentiation of Beach, Dune, and Aeolian Flat Environments by Size Analysis, Mustang Island, Texas. **Journal of Sedimentary Petrology**, 28(2):211-226.
- Maraschin, A. J.; Machado, M.C.; Soares, M.C.C.; Rubert, R.R. 1999. **Mapaeamento geológico 1:25.000: Projeto Garopaba: Geologia da Faixa II**. 170f +50f. Monografia (Graduação) -Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Martins, L.R. 1967. Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Publicação Especial d Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 13:1-102.
- Martins, L.R.; Eichler, B.B.; Podolsky, V.V. 1969. Propriedades texturais dos sedimentos litorâneos de Santa Catarina. I – areias praias, trecho Manpituba-Araranguá. **Iheringia**. Série Geologia, Porto Alegre, 2: 41-53.
- Martins, L.R.; JOST, H.; VILLWOCK, J.A.; MARTINS, I.R. 1972. Misturas Populacionais e Efetividades de Energia Ambiental. **Pesquisas**. IG-UFRGS: Porto Alegre, 1:13-24.
- Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Villas-Boas, G.S.; Flexor, J.M. 1979. Introdução ao Estudo do Quaternário do Litoral do Estado da Bahia , Trecho Salvador-Ilhéus. **Revista Brasileira de Geociências**. SBG: São Paulo, 9(4): 309-320.
- Mendonça, M. 1991. **Origem e Evolução da Planície do Campo de Araçatuba**. 285p. Dissertação de Mestrado em Geografia - UFSC, Florianópolis.

- Miot da Silva. 2002. **Efeito do Estado de Equilíbrio em Planta na Sedimentologia de Praias Desenvolvidas entre Promontórios**. 134p. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado.
- Morton, R.A.; Donaldson, A.C. 1973. Sediment distribution and evolution of tidal deltas along a tide-dominant shoreline, Wachpreague, Virginia. **Sedimentary Geology**, 10:285-299.
- Muehe, D. 1998. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In Cunha, S.B. e Guerra, A. J. T., **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., pp. 273-349.
- Orselli, L. 1986. Climatologia. In: *Atlas de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. pp.38-39.
- Pettijohn, F.G. 1975. **Sedimentary Rocks**. Harper & Row Publishers, Inc. USA. 2nd. 628p.
- Pierce, J.W. 1969. Sediment budget along a barrier island chain. **Sedimentary Geology**, v.3, 5-16.
- Reineck, H.E.; Singh, I. B. 1980. Depositional sedimentary Environments with Reference to Terrigenous Clastics. 2ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 549p.
- Reitz, P. R. 1960. Parque do Maciambú (Exposição de motivos para a sua criação). Anuário Brasileiro de Economia Florestal, Rio de Janeiro, (12) 196-210.
- Rodriguez, D.E.M.G. 1995. **Morfologia de Playas em Equilíbrio: Planta y Perfil**. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, canales y Puertos, Universidad de Cantabria, Santander, Espanha.
- Roy, P.S., Zhuang, W-Y., Birch, G.F., Cowell, P.J., 1992. Quaternary geology and placer mineral potential of the Foster-Tuncurry Shelf, southeast Australia. Geol. Survey of New South Wales Report aGS 1992r201.
- Sahu, B.K., 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, 34(1):73-83.
- Schettini, C. A. F.; Carvalho, J.L.B.; Jabor, P. 1996. Comparative hydrology and suspended matter distribution of four estuaries in Santa Catarina State-Southern Brazil. In: Anais, Workshop on Comparative Studies of Temperate Coast Estuaries. Bahia Blanca.

- Schwab, W.C.; Thiel, E.R.; Allen, J.R.; Foster, R.S.; Swift, B.A.; Denny, J.F. 2000. Influence of inner-continental shelf geologic framework on the evolution and behavior of the barrier island system between Fire Island Inlet and Shinnecock Inlet, Long Island, New York. **Journal of Coastal Research**, **16(2)**: 408-422.
- Short, A. 1999. **Beach and Shoreface Morphodynamics**. John Wiley e Sons, 419p.
- 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. **Revista Bras. de Geociências**. SBG: São Paulo, **15(4)**: 273-286.
- Tanner, W.F.; F.W. Stapor. 1971. Tabasco beach-ridge plain: an eroding coast. **Trans. Gulf Coast assoc. Geol. Soc.** **21**: 231-232.
- Tanner, W.F. 1973. Precise control of wave run-up in beach ridge construction. *Zeit. Fur*, **Geomorphologie**, **16**: 393-399.
- Thompson, T.A., 1992. Beach-ridge development and lake-level variation in southern Lake Michigan. **Sedimentary Geology**, **80**: 305–318.
- Thompson, T.A., Baedke, S.J. 1995. Beach-ridge development in Lake Michigan: shoreline behavior in response to quasi-periodic lake-level events. **Marine Geology** **129**, pp.163–174.
- Trucolo, E. C. 1998. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul - SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). 100f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Twenhofel, W.H.; Tyler, S.A. 1941. **Methods of study of sediments**. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 183p.
- Udden, J.A. 1898. **Mechanical composition of Wind deposits**. Augustana Library Publ. n.1.
- Van Rijn, L.C. 1998. **Principles of Coastal Morphology**. Amsterdam, Netherlands: Aqua Publications.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, **v.30**: 377-392.

ANEXO 1 - Parâmetros estatísticos granulométricos do sistema praia-duna atual

Quadro 1: Propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) da face da praia.

Perfil	Amostra	Média (Ø)	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Classificação	Seleção	Forma Curva	Classificação	% Cascalho	% Areia
1	E1	2,49	0,57	-0,17	1,19	Moderadamente selecionado	Negativa	Leptocúrtica	Areia fina	1,68	98,32
2	E2	2,50	0,57	-0,14	1,05	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
3	E3	2,58	0,50	0,01	0,94	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
4	E4	2,46	0,43	-0,18	1,00	Bem selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,22	99,78
5	E5	2,56	0,41	-0,14	1,03	Bem selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
6	E6	2,62	0,47	-0,26	1,41	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
7	E7	2,81	0,36	0,07	1,31	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
8	E8	2,52	0,56	-0,24	1,22	Moderadamente selecionado	Negativa	Leptocúrtica	Areia fina	0,39	99,61
9	E9	2,31	0,69	-0,10	1,02	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,39	99,61
10	E10	2,39	0,55	-0,06	0,94	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
11	E11	2,47	0,61	-0,25	1,08	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
12	E12	2,52	0,53	-0,24	1,04	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
13	E13	2,32	0,73	-0,37	1,09	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,41	99,59
14	E14	2,47	0,68	-0,39	1,22	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Leptocúrtica	Areia fina	0,24	99,76
15	E15	2,76	0,48	-0,08	1,01	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
16	E16	2,68	0,51	-0,17	1,42	Moderadamente selecionado	Negativa	Leptocúrtica	Areia fina	0,09	99,91
17	E17	2,73	0,45	-0,05	0,98	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,34	99,66
18	E18	2,70	0,35	-0,09	1,32	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
19	E19	2,65	0,53	-0,26	1,60	Moderadamente selecionado	Negativa	Muito leptocúrtica	Areia fina	0,07	99,93
20	E20	2,72	0,48	-0,17	1,56	Bem selecionado	Negativa	Muito leptocúrtica	Areia fina	0,08	99,92
21	E21	2,40	0,93	-0,53	2,14	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica	Areia fina	3,98	99,02
22	E22	2,70	0,70	-0,35	2,37	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica	Areia fina	1,66	98,34
23	E23	2,81	0,38	0,02	1,18	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
24	E24	2,71	0,43	-0,12	1,38	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	Areia fina	0,03	99,97
25	E25	2,77	0,39	0,01	1,23	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00

Quadro 2: Propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do berma.

Perfil	Amostra	Média (Ø)	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Classificação	Seleção	Forma Curva	Classificação	% Cascalho	% Areia
1	B1	2,55	0,38	0,04	0,89	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	% Cascalho	% Areia
2	B2	2,29	0,43	0,01	1,16	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
3	B3	2,54	0,37	0,06	0,86	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
4	B4	2,53	0,36	-0,01	0,82	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
5	B5	2,51	0,36	-0,12	0,82	Bem selecionado	Negativa	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
6	B6	2,41	0,40	-0,02	0,97	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
7	B7	2,65	0,35	-0,11	1,20	Muito bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
8	B8	2,59	0,34	-0,14	0,88	Muito bem selecionado	Negativa	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
9	B9	2,54	0,39	-0,04	0,92	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
10	B10	2,64	0,41	-0,02	0,95	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
11	B11	2,59	0,38	-0,12	0,98	Bem selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
12	B12	2,55	0,42	-0,19	1,04	Bem selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
13	B13	2,71	0,33	-0,06	1,31	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
14	B14	2,76	0,30	0,00	1,36	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
15	B15	2,84	0,34	0,09	1,22	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
16	B16	2,69	0,32	-0,08	1,32	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
17	B17	2,87	0,38	0,03	0,98	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
18	B18	2,61	0,47	-0,23	1,28	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
19	B19	2,74	0,31	-0,02	1,34	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
20	B20	2,75	0,30	0,00	1,36	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
21	B21	2,76	0,30	0,01	1,35	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
22	B22	2,79	0,31	0,06	1,33	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
23	B23	2,86	0,36	0,07	1,07	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
24	B24	2,79	0,35	0,04	1,27	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
25	B25	2,50	0,43	0,02	1,06	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00

Quadro 3: Propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) da duna frontal.

Perfil	Amostra	Média (Ø)	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Classificação	Seleção	Forma Curva	Classificação	% Cascalho	% Areia
1	D1	2,56	0,40	0,02	0,89	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	% Cascalho	% Areia
2	D2	2,50	0,40	-0,14	1,05	Bem selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
3	D3	2,37	0,37	0,09	1,12	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
4	D4	2,61	0,32	-0,17	0,93	Muito bem selecionado	Negativa	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
5	D5	2,47	0,39	-0,05	0,88	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
6	D6	2,46	0,35	0,07	0,81	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
7	D7	2,41	0,39	0,05	0,97	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
8	D8	2,42	0,34	0,10	0,87	Muito bem selecionado	Positiva	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
9	D9	2,40	0,36	0,14	1,02	Bem selecionado	Positiva	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
10	D10	2,43	0,35	0,07	0,89	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
11	D11	2,44	0,38	-0,01	0,90	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
12	D12	2,52	0,33	-0,07	0,74	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
13	D13	2,48	0,37	-0,01	0,83	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00
14	D14	2,69	0,34	-0,09	1,32	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
15	D15	2,83	0,36	0,06	1,23	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
16	D16	2,85	0,28	0,24	1,06	Muito bem selecionado	Positiva	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
17	D17	2,58	0,40	0,00	0,91	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
18	D18	2,73	0,37	-0,02	1,26	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
19	D19	2,78	0,22	0,17	1,12	Muito bem selecionado	Positiva	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
20	D20	2,77	0,28	0,04	1,36	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
21	D21	2,83	0,32	0,12	1,27	Muito bem selecionado	Positiva	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
22	D22	2,87	0,38	0,05	1,01	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
23	D23	2,70	0,38	-0,04	1,18	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
24	D24	2,87	0,34	0,10	1,05	Muito bem selecionado	Positiva	Mesocúrtica	Areia fina	0,00	100,00
25	D25	2,54	0,39	0,13	0,88	Bem selecionado	Positiva	Platicúrtica	Areia fina	0,00	100,00

ANEXO 2 - Parâmetros estatísticos granulométricos do cordão de dunas intermediário

Quadro 4: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 9.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	E1	50 - 80	55	2,64	Areia fina	0,32	Muito bem selecionado	-0,15	1,16	Leptocúrtica	5y8/1	Eólico
	E2	80 - 110	85	2,59	Areia fina	0,37	Bem selecionado	0,11	0,85	Platicúrtica	5y8/1	Eólico
	E3	110 - 140	115	2,54	Areia fina	0,37	Bem selecionado	-0,04	0,86	Platicúrtica	5y8/1	Eólico
	E4	140 - 170	145	2,49	Areia fina	0,44	Bem selecionado	-0,06	1,03	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico
	E5	170 - 200	175	2,46	Areia fina	0,40	Bem selecionado	-0,01	0,95	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico
	E6	200 - 230	205	2,51	Areia fina	0,36	Bem selecionado	0,41	0,83	Platicúrtica	5y8/1	Eólico
	E7	230 - 260	235	2,61	Areia fina	0,40	Bem selecionado	-0,08	0,99	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico
	E8	260 - 290	265	2,39	Areia fina	0,40	Bem selecionado	0,01	1,02	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico
	E9	290 - 320	295	2,37	Areia fina	0,39	Bem selecionado	0,03	1,04	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico
	E10	320 - 350	325	2,55	Areia fina	0,39	Bem selecionado	-0,01	0,90	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico

Quadro 5: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 11.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (ϕ)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	120 - 150	125	2,76	Areia fina	0,38	Bem selecionado	0,01	1,22	Leptocúrtica	5y7/2	Eólico
	E2	150 - 190	155	2,78	Areia fina	0,37	Bem selecionado	0,03	1,23	Leptocúrtica	5y7/2	Eólico
	E3	190 - 220	195	2,59	Areia fina	0,36	Bem selecionado	-0,04	0,94	Mesocúrtica	5y7/2	Eólico
	E4	220 - 250	225	2,71	Areia fina	0,32	Muito bem selecionado	-0,05	1,31	Leptocúrtica	7n7	Eólico
	E5	250 - 280	255	2,73	Areia fina	0,33	Muito bem selecionado	-0,02	1,31	Leptocúrtica	7n7	Eólico

Quadro 6: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 5.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	70 - 100	75	2,79	Areia fina	0,35	Muito bem selecionado	0,04	1,28	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E2	100 - 130	105	2,75	Areia fina	0,36	Bem selecionado	0,00	1,25	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E3	130 - 160	135	2,77	Areia fina	0,35	Muito bem selecionado	0,03	1,28	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico

Quadro 7: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 4.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	130 - 160	135	2,66	Areia fina	0,39	Bem selecionado	-0,10	1,34	Leptocúrtica	5y7/2	Eólico
	E2	160 - 190	165	2,63	Areia fina	0,36	Bem selecionado	-0,07	1,06	Mesocúrtica	5y7/2	Eólico
	E3	190 - 220	195	2,68	Areia fina	0,47	Bem selecionado	-0,20	1,52	Muito leptocúrtica	5y7/2	Eólico
	E4	220 - 250	225	2,65	Areia fina	0,37	Bem selecionado	0,06	1,09	Mesocúrtica	5y7/2	Eólico

ANEXO 3 - Parâmetros estatísticos granulométricos do cordão de dunas interno

Quadro 8: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 1.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (ϕ)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	95 - 125	95	2,50	Areia fina	0,38	Bem selecionado	-0,10	0,86	Platicúrtica	5y6/1	Eólico
	E2	125 - 165	125	2,37	Areia fina	0,38	Bem selecionado	0,05	0,97	Mesocúrtica	5y6/1	Eólico
	E3	165 - 195	165	2,38	Areia fina	0,38	Bem selecionado	0,02	0,96	Mesocúrtica	5y3/4	Eólico
	E4	195 - 235	195	2,43	Areia fina	0,38	Bem selecionado	0,00	0,89	Platicúrtica	5y3/4	Eólico

Quadro 9: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 7.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (ϕ)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	90 - 120	95	2,20	Areia fina	0,49	Bem selecionado	-0,15	1,14	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E2	120 - 150	125	2,46	Areia fina	0,37	Bem selecionado	-0,04	0,88	Platicúrtica	5y6/1	Eólico
	E3	150 - 180	155	2,45	Areia fina	0,37	Bem selecionado	0,00	0,88	Platicúrtica	5Yr3/2	Eólico
	E4	180 - 210	185	2,45	Areia fina	0,37	Bem selecionado	0,07	0,87	Platicúrtica	5Yr3/2	Eólico

Quadro 10: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 8.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Depósito
	—	0 - 120	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	120 - 150	125	2,29	Areia fina	0,50	Moderadamente selecionado	-0,11	1,32	Leptocúrtica	Eólico
	E2	150 - 180	155	2,38	Areia fina	0,41	Bem selecionado	-0,02	1,03	Mesocúrtica	Eólico
	E3	180 - 210	185	2,39	Areia fina	0,44	Bem selecionado	-0,12	0,94	Mesocúrtica	Eólico
	E4	210 - 240	215	2,41	Areia fina	0,40	Bem selecionado	-0,02	0,97	Mesocúrtica	Eólico
	E5	240 - 270	245	2,22	Areia fina	0,41	Bem selecionado	-0,06	1,27	Leptocúrtica	Eólico
	E6	270 - 300	275	2,39	Areia fina	0,39	Bem selecionado	0,03	0,99	Mesocúrtica	Eólico
	E7	300 - 330	305	2,53	Areia fina	0,35	Bem selecionado	-0,14	0,83	Platicúrtica	Eólico
	E8	330 - 360	335	2,20	Areia fina	0,41	Bem selecionado	-0,01	1,24	Leptocúrtica	Eólico
	E9	360 - 390	365	2,43	Areia fina	0,44	Bem selecionado	-0,12	0,97	Mesocúrtica	Eólico
	E10	390 - 420	395	2,21	Areia fina	0,54	Moderadamente selecionado	-0,17	1,08	Mesocúrtica	Eólico

Quadro 11: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 2.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	70 - 100	75	2,78	Areia fina	0,32	Muito bem selecionado	0,04	1,37	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E2	100 - 130	105	2,67	Areia fina	0,35	Bem selecionado	-0,09	1,27	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E3	130 - 160	135	2,64	Areia fina	0,38	Bem selecionado	-0,10	1,16	Leptocúrtica	5y3/4	Eólico
	E4	160 - 190	165	2,59	Areia fina	0,40	Bem selecionado	0,04	0,90	Mesocúrtica	5y3/4	Eólico
	E5	190 - 220	195	2,59	Areia fina	0,39	Bem selecionado	-0,01	0,93	Mesocúrtica	5yr8/1	Eólico
	E6	220 - 250	225	2,59	Areia fina	0,39	Bem selecionado	0,02	0,92	Mesocúrtica	5yr8/1	Eólico
	E7	250 - 280	255	2,69	Areia fina	0,36	Bem selecionado	-0,05	1,24	Leptocúrtica	5yr8/1	Eólico

Quadro 12: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 6.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	70 - 100	70	2,78	Areia fina	0,39	Bem selecionado	0,03	1,76	Muito Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E2	100 - 135	130	2,71	Areia fina	0,37	Bem selecionado	-0,03	1,22	Leptocúrtica	10yr4/2	Eólico
	E3	135 - 165	160	2,83	Areia fina	0,35	Bem selecionado	0,07	1,18	Leptocúrtica	10yr4/2	Eólico
	E4	165 - 195	190	2,78	Areia fina	0,35	Bem selecionado	0,03	1,27	Leptocúrtica	10yr7/4	Eólico
	E5	195 - 225	220	2,86	Areia fina	0,32	Muito bem selecionado	0,12	1,12	Leptocúrtica	10yr7/4	Eólico
	E6	225 - 255	250	2,69	Areia fina	0,34	Muito bem selecionado	-0,03	1,10	Leptocúrtica	10yr7/4	Eólico
	E7	255 - 285	280	2,59	Areia fina	0,36	Bem selecionado	-0,05	0,95	Mesocúrtica	10yr7/4	Eólico
	E8	285 - 315	310	2,47	Areia fina	0,36	Bem selecionado	0,12	0,83	Platicúrtica	5y7/2	Eólico
	E9	315 - 365	340	2,77	Areia fina	0,36	Bem selecionado	0,02	1,24	Leptocúrtica	5y7/2	Eólico

Quadro 13: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 3.

Ilustração	Amostra	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	70 - 80	75	2,87	Areia fina	0,37	Bem selecionado	0,08	1,25	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E2	80 - 110	105	2,84	Areia fina	0,36	Bem selecionado	0,07	1,19	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E3	110 - 140	135	2,88	Areia fina	0,34	Muito bem selecionado	0,10	1,01	Mesocúrtica	5y7/2	Eólico
	E4	140 - 170	165	2,92	Areia fina	0,31	Muito bem selecionado	0,19	0,80	Platicúrtica	5y7/2	Eólico
	E5	170 - 200	195	2,92	Areia fina	0,33	Muito bem selecionado	0,15	0,83	Platicúrtica	5y6/1	Eólico
	E6	200 - 220	215	2,82	Areia fina	0,36	Bem selecionado	0,09	1,27	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E7	220 - 230	225	2,80	Areia fina	0,34	Muito bem selecionado	0,07	1,29	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E8	230 - 240	235	2,73	Areia fina	0,40	Bem selecionado	0,01	1,20	Leptocúrtica	5y6/1	Eólico
	E9	240 - 255	250	2,63	Areia fina	0,38	Bem selecionado	-0,06	1,06	Mesocúrtica	5y6/1	Eólico

Quadro 14: Descrição e propriedades de tamanho de grão conforme as fórmulas de Folk e Ward (1957) do testemunho 10.

Ilustração	Idade	Seção Testemunho (cm)	Profundidade de coleta (cm)	Tamanho médio (Ø)	Classificação	Desvio padrão	Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação da curva	Cor	Depósito
	—	0 - 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Eólico
	E1	50 - 80	55	2,64	Areia fina	0,37	Bem selecionado	-0,05	1,05	Leptocúrtica	5y8/1	Eólico
	E2	80 - 110	85	2,67	Areia fina	0,34	Bem selecionado	-0,07	1,25	Leptocúrtica	5y8/1	Eólico
	E3	110 - 140	115	2,64	Areia fina	0,35	Bem selecionado	-0,08	1,12	Leptocúrtica	N8	Eólico
	E4	140 - 170	145	2,67	Areia fina	0,35	Bem selecionado	-0,04	1,22	Leptocúrtica	5y8/1	Eólico
	E5	170 - 200	175	2,72	Areia fina	0,40	Bem selecionado	-0,03	1,18	Leptocúrtica	5y8/1	Eólico
	E6	200 - 230	205	2,72	Areia fina	0,43	Bem selecionado	-0,02	0,96	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico
	E7	230 - 260	235	2,61	Areia fina	0,40	Bem selecionado	-0,03	0,94	Mesocúrtica	5y8/1	Eólico
	E8	260 - 290	265	2,79	Areia fina	0,38	Bem selecionado	0,01	1,22	Leptocúrtica	N7	Eólico
	E9	290 - 320	295	2,79	Areia fina	0,41	Bem selecionado	-0,02	1,12	Leptocúrtica	N7	Eólico
	A1*	320 - 350	325	2,80	Areia fina	0,51	Bem selecionado	-0,12	1,00	Mesocúrtica	N6	Praial
	A2	350 - 380	355	2,61	Areia fina	0,54	Bem selecionado	-0,66	0,89	Mesocúrtica	5y6/1	Praial

* Idade de ^{14}C de 3.140 ± 100 anos AP, com idade de calibração de (3200-2730).

Título da Dissertação: Variações das propriedades granulométricas dos sedimentos da barreira costeira da Pinheira (SC) durante a sua progradação no Holoceno Superior
Área de Concentração: Geologia Marinha
Autor: ARMAND HANNA AMIN JÚNIOR
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Rebello Dillenburg
Examinador: Prof. Dr. Luiz José Tomazelli
Data: 21/12/2004
Conceito: B (Bom)

PARECER

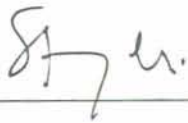
Trata-se de uma Dissertação de Mestrado que se ocupa do estudo sedimentológico e evolutivo de uma planície de cordões litorâneos regressivos (*strandplain*) situada imediatamente ao sul da Ilha de Santa Catarina (Praia da Pinheira). Através da análise granulométrica de amostras coletadas em testemunhos (10 testemunhos à percussão) e, principalmente, em amostras de superfície, o autor procurou investigar a evolução da região durante o Holoceno superior (últimos 5 ka).

O trabalho está bem redigido embora, ao meu ver, seja excessivamente conciso, tanto na parte referente ao texto quanto nas ilustrações. O autor concentrou em demasia seus esforços na análise estatística de parâmetros granulométricos sem conseguir apresentar dados significativos para os objetivos buscados. Um ponto importante da Dissertação, merecedor de uma análise mais aprofundada, é o que se refere ao nível de mar pretérito estabelecido com base na datação obtida (3.1 ka), no testemunho de número 10, e sua relação com o nível de mar atual. O fato deste paleonível estar abaixo do nível atual (-0,30 m) – o que gera uma contradição ao modelo evolutivo apresentado - foi explicado pelo autor através de duas hipóteses possíveis. Uma terceira hipótese, não considerada pelo autor, seria buscar a explicação no comportamento da curva de variação do nível relativo do mar durante a fase regressiva holocênica. Não poderia ela representar uma das oscilações de alta frequência, como tem sido defendido por Martin et al. (1998) e outros pesquisadores? Embora o autor deixe claro que adota a curva de Angulo et al. (1999), ao meu ver, esta outra possibilidade poderia ter sido mencionada.

Outro tópico importante do trabalho e que, ao meu ver, foi abordado muito superficialmente pelo autor, diz respeito à análise dos fatores que levaram ao desenvolvimento de tão expressiva planície regressiva naquela região específica do litoral catarinense (fonte dos sedimentos, hidrodinâmica, geomorfologia costeira, etc.).

A falta de um número maior de datações (foi conseguida somente uma datação por radiocarbono) tornou o modelo apresentado pelo autor bastante especulativo.

Apesar dos problemas apresentados o trabalho pode ser considerado de bom nível, preenchendo os requisitos exigidos para uma Dissertação de Mestrado. Atribuo ao mesmo o conceito "B" (Bom).



Ciente do Orientando:

Ciente do Orientador:

Data:

ANEXO I

Título: Variações das propriedades granulométricas dos sedimentos da barreira costeira da Pinheira durante a sua progradação no Holoceno superior

Área de Concentração: Geologia Marinha

Autor: Armand Hanna Amin Jr.

Orientador: Sergio R. Dillenburg

Examinador: Elírio Ernestino Toldo Júnior

Data: 06 de Janeiro de 2004

Conceito: A

PARECER:

O autor demonstrou conhecimento metodológico. O autor apresenta resultados e discussões que contribuem para o estudo das barreiras costeiras – “foredune ridges”. Também, e de modo positivo, fez buscas de artigos e leituras sobre o tema da Dissertação.

São apresentados comentários e sugestões referentes, principalmente, a melhorias do capítulo de discussões:

-pg. 18. os dados da tabela 1 devem ser interpretados com restrições, uma vez que constituem observações realizadas em apenas 02 dias, resultado de exercício prático de ensino. Esta informação deve constar na dissertação.

-pg 24, #2. faltou citar o nº do testemunho datado.

-pg 24, #2. faltou associar a descrição apresentada neste parágrafo com a Fig. 4.

-pg 23, fig. 4, faltou escala gráfica,

-pg 25, #3. o que foi que variou aproximadamente entre 370 e 920 m?

-pg 26, fig. 5, faltou legenda para as linhas,

-pg 25, #4. sobre a frase “... o rebaixamento do nível do mar tenha tido um importante controle na progradação da barreira.” Faço as seguintes observações:

-faltou texto introdutório sobre as variações relativas regionais do nível do mar durante o Holoceno. Uma breve discussão das curvas VRNM existentes.

-esta frase contradiz o que está escrito na pg 22 “... foi possível estimar um posicionamento aproximado do nível do mar...equivalente a -0,30 m”, e contradiz o que está escrito na pg 27, #2.

-também. os importantes resultados alcançados pelo autor poderiam ser comparados e discutidos com as cotas medidas por Barboza (Dissertação de Mestrado),

-pg 27, #2. faltou considerar uma terceira hipótese, ou seja, a de que os dados medidos estão corretos. Também, seria interessante no futuro refazer as medições com DGPS, mas modificando o método de aquisição dos dados ou empregando medidas com estação total, para aferir esta importante informação.

-pg 26, fig. 5, os resultados apresentados na forma do perfil altimétrico são muito interessantes e representam uma importante contribuição do autor na pesquisa das

VRNM durante o Holoceno, principalmente, se for esclarecida a questão da cota de -0,30 m e assim este perfil altimétrico poderia ser utilizado para calibração das curvas regionais de VRNM.

-pg. 32, a variação do tamanho médio é sutil, mas indica um acréscimo de energia no sistema praial de norte para sul, conforme descrição apresentada na pg. 51,

-pg. 39, corrigir “backswash” para “backwash”,

-pg. 39, faltou comparar os valores de assimetria com aqueles medidos por Martins (1967),

-pg. 51, #1 e 2, o autor apresenta importante contribuição através das afirmações contidas nestes parágrafos, como elementos para compor exemplos de modelos evolutivos de “fordune ridges”,

-pg. 52, #1, de onde saiu a afirmação: “O rebaixamento do nível do mar na região, de apenas 2,10 m ..., parece ter contribuído com no máximo cerca de 1.000 m de progradação. Os restantes 4.500 m...”.

Elírio Ernestino Toldo Júnior